



**TUGAS AKHIR- RF 141501**

**IDENTIFIKASI KEMENERUSAN SISTEM SUNGAI BAWAH  
TANAH DAERAH KARST MENGGUNAKAN METODE VERY  
LOW FREQUENCY (VLF) DI KUNIRAN, PACITAN.**

**IKMAL AMRIN**

**NRP 3713100003**

**Dosen Pembimbing:**

**M. Singgih Purwanto, S.Si, MT**

**NIP. 19800916 200912 1002**

**Dr. Widya Utama, DEA**

**NIP. 19611024 198803 1001**

**DEPARTEMEN TEKNIK GEOFISIKA**

**Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan**

**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Surabaya 2018**





**TUGAS AKHIR- RF 141501**

**IDENTIFIKASI KEMENERUSAN SISTEM SUNGAI BAWAH  
TANAH DAERAH KARST MENGGUNAKAN METODE VERY  
LOW FREQUENCY (VLF) DI KUNIRAN, PACITAN.**

IKMAL AMRIN

NRP 3713100003

Dosen Pembimbing:

M. Singgih Purwanto, S.Si, MT

NIP. 19800916 200912 1002

Dr. Widya Utama, DEA

NIP. 19611024 198803 1001

DEPARTEMEN TEKNIK GEOFISIKA

Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2018





**UNDERGRADUATE THESIS - RF 141501**

**IDENTIFICATION OF GROUND WATER SYSTEM BY  
USING VERY LOW FREQUENCY METHOD (VLF) IN  
KUNIRAN, PACITAN**

**IKMAL AMRIN**

**NRP 3713100003**

**Supervisors**

**M. Singgih Purwanto, S.Si, MT**

**NIP. 19800916 200912 1002**

**Dr. Widya Utama, DEA**

**NIP. 19611024 198803 1001**

**Geophysical Engineering Department**

***FACULTY of CIVIL, ENVIRONMENT and Geo Engineering***

**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Surabaya 2018**

**IDENTIFIKASI KEMENERUSAN SISTEM SUNGAI BAWAH  
DAERAH KARST TANAH MENGGUNAKAN METODE  
VERY LOW FREQUENCY (VLF) DI KUNIRAN, PACITAN  
TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Departemen Teknik Geofisika  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember


Surabaya, 29 Januari 2018

Menyetujui

Dosen Pembimbing I

  
M. Singgih Purwanto, S.Si, MT  
NIP. 19800916 200912 1002

Dosen Pembimbing II

  
Dr. Widya Utama, DEA  
NIP. 19611024 198803 1001



Mengetahui,  
Kepala Laboratorium Eksplorasi  
Departemen Teknik Geofisika  
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

  
Dr. Ayi Syaeful Bahri, S.Si, MT  
NIP. 19690906 199702 1001

***“Halaman Ini Sengaja  
Dikosongkan”***

## **PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR**

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul “IDENTIFIKASI KEMENERUSAN SISTEM SUNGAI BAWAH DAERAH KARST TANAH MENGGUNAKAN METODE VERY LOW FREQUENCY (VLF) DI KUNIRAN, PACITAN” adalah benar benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 29 Januari 2018

Ikmal Amrin

NRP. 3713100003



***“Halaman Ini Sengaja  
Dikosongkan”***

# **IDENTIFIKASI KEMENERUSAN SISTEM SUNGAI BAWAH TANAH MENGGUNAKAN METODE VERY LOW FREQUENCY (VLF) DI KUNIRAN, PACITAN**

Nama Mahasiswa : Ikmal Amrin  
NRP : 3713100003  
Jurusan : Teknik Geofisika FTSLK-ITS  
Dosen Pembimbing : M. Singgih Purwanto, S.Si, MT  
NIP. 19800916 200912 1002  
Dr. Widya Utama, DEA  
NIP. 19611024 198803 1001

## **ABSTRAK**

Kompleksitas permasalahan di daerah karst memerlukan metode geofisika yang khusus. Salah satu metode geofisika yang dapat dimanfaatkan untuk keperluan eksplorasi daerah karst di Kuniran, Pacitan adalah metoda VLF. Tujuan penelitian tugas akhir untuk mengidentifikasi kemenurunan sistem sungai bawah tanah dengan menggunakan metode VLF, Terdapat 6 lintasan pengukuran, dimana 4 lintasan Panjang 350-400 meter dengan jarak antara lintasan 10 meter dan 2 lintasan dengan Panjang 600-700 meter dengan jarak antar lintasan 25 meter. Data yang diperoleh berupa data tilt dan elips dengan frekuensi 22.300 dan 19.600, hasil dari pengolahan ini merupakan penampang Rapat Arus Ekuivalen. Rapat Arus Ekuivalen sebanding dengan nilai konduktivitas, jika nilai Rapat Arus Ekuivalen tinggi maka nilai konduktivitas tinggi. Anomali dengan konduktivitas tinggi dianggap sebagai rongga berisi air penuh, nilai anomali Rapat Arus Ekuivalen tinggi berkisar 4,07-13,96 yang tersebar pada kedalaman 10-50 meter, arah kemenurunan sistem sungai bawah tanah timur-barat.

Kata kunci : metode VLF, Rapat Arus Ekuivalen, sungai bawah tanah



## **IDENTIFICATION OF GROUND WATER SYSTEM BY USING VERY LOW FREQUENCY METHOD (VLF) IN KUNIRAN, PACITAN**

*Author* : Ikmal Amrin  
*Student ID Number* : 3713100003  
*Department* : *Geophysical Engineering*  
*Advisor Lecture* : M. Singgih Purwanto, S.Si, MT  
NIP. 19800916 200912 1002  
Dr. Widya Utama, DEA  
NIP. 19611024 198803 1001

### **ABSTRACT**

The complexity of the problem in the karst area requires a special geophysical method. One of the geophysical methods that can be utilized for karst exploration in Kuniran, Pacitan with the VLF method. The purpose of the final project to identify the management of underground river system by using VLF method. There are 6 lines, four lines of which length 350-400 meters with distance 10 meters and Two lines with Length 600-700 meters with distance 25 meters . The data obtained are tilt and ellipticity data with frequency 22.300 and 19.600, the result of this processing is a cross section of Equivalent Flow Meeting. Equivalent Flow Meeting is proportional to the conductivity value, if the value of the Equivalent Flow Meeting is high, so the conductivity value high too. Anomalies with high conductivity are considered full-fledged water cavities, anomalous values of high Current Equivalent Flow meeting ranging from 4.07 to 13.96 spread over 10-50 meters depth, direction of the east-west subway system.

**Keyword:** VLF Method, Equivalent Flow Meeting, underground water



## KATA PENGANTAR

*Puji syukur kepada Allah SWT karena atas rahmat-Nya Laporan Tugas Akhir dengan judul **IDENTIFICATION OF GROUND WATER SYSTEM BY USING VERY LOW FREQUENCY METHOD (VLF) IN KUNIRAN,PACITAN** dapat terselesaikan dengan baik. Pengerjaan dan penyusunan Laporan Tugas Akhir, tidak terlepas dari dukungan dan bimbingan berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada :*

- 1. Mamak(marwati), kakak (kak kiah,kk imur), abang(rahmat), adik-adik (inat,ilham,subhan)*
- 2. Bapak M. Singgih Purwanto, S.Si, MT dan Dr. Widya Utama, DEA, dan Bapak Saeful Bahri selaku dosen pembimbing.*
- 3. Kepada teman TG-02, tim TA Pacitan( Fakhriar,paul,wawan, adib, ujang, ibor, nizar, diptya),Degem (albert, nindi, haris, anggi), evenguy.*
- 4. Kepada teman dekat (nike, thariq, dea, dania, caca, rafi, aji, haikal, diah, andriyan, dll) atas support*
- 5. Seluruh akademisi dan staf Departemen Teknikan Geofisika ITS yang telah memberikan bantuan baik akademis maupun administrasi selama penulis menempuh studi di Departemen Teknik Geofisika ITS.*
- 6. Serta semua pihak yang membantu dalam pengerjaan dan penyusunan tugas akhir ini*

Penulis menyadari bahwa penulisan dan hasil penelitian tugas akhir ini masih memiliki banyak kekurangan. Penulis mengharapkan adanya kritik dan saran bersifat membangun, sehingga dapat sempurna dan membawa manfaat bagi penulis maupun bagi pembaca.

Surabaya, 29 Januari 2018

Ikmal Amrin  
3713100003



## DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	iii
ABSTRAK .....	v
ABSTRACT .....	vii
KATA PENGANTAR .....	ix
DAFTAR ISI .....	xi
Daftar Gambar .....	xv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian .....	2
1.5    Manfaat Penelitian .....	2
BAB II DASAR TEORI .....	3
2.1 Geologi Regional Pacitan .....	3
2.1.1    Formasi Wonosari (Tmwl).....	6
2.1.2    Formasi Oyo (Tmo) .....	6
2.1.3    Formasi Jaten (Tmj).....	7
2.1.4    Alluvium (Qa).....	7
2.2 Geomorfologi Karst Pacitan .....	7
2.3 Hidrologi .....	9
2.3.1 Karstifikasi.....	10
2.4 Metode Very Low Frequency (VLF).....	13



2.4.1 Skin Depth .....	14
2.4.2 Moving Average .....	14
2.4.4 Ekstrapolasi Kriging .....	18
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>19</b>
3.1 Lokasi Penelitian.....	19
3.2 Peralatan Penelitian .....	19
3.3 Diagram Alir Penelitian .....	21
3.4 Prosedur Penelitian .....	22
3.5 Desain Akusisi .....	22
<b>BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>25</b>
4.1 Analisa Lintasan VLF.....	25
4.1.1 Analisa Lintasan VLF 1 .....	25
4.2.2 Analisa Lintasan VLF 2 .....	27
4.2.3 Analisa Lintasan VLF 3 .....	29
4.2.4 Analisa Lintasan VLF 4 .....	31
4.2.5 Analisa Lintasan VLF 5 .....	33
4.2.6 Analisa Lintasan VLF 6 .....	35
4.2 Pembahasan .....	37
4.2.1 Korelasi Kedalaman 4 meter.....	37
4.2.2 Korelasi Kedalaman 8 meter.....	38
4.2.3 Korelasi Kedalaman 12 meter.....	39
4.2.4 Korelasi Kedalaman 16 meter.....	40
4.2.5 Korelasi Kedalaman 20 meter.....	41
4.2.6 Korelasi Kedalaman 24 meter.....	42
4.2.7 Korelasi Kedalaman 28 meter.....	43
4.2.8 Korelasi Kedalaman 32 meter.....	44

4.2.9 Korelasi Kedalaman 36 meter.....	45
4.2.10 Korelasi Kedalaman 40 meter.....	46
4.2.10 Korelasi antar segmen.....	47
BAB V SARAN DAN KESIMPULAN.....	51
Kesimpulan .....	51
Saran .....	51
Timeline .....	52
DAFTAR PUSTAKA .....	53
Lampiran.....	54



## Daftar Gambar

Gambar 2. 1 Kabupaten Pacitan termasuk ke dalam zona pegunungan selatan. ( <a href="http://surveigeofisika.web.id/artikel-2/">HTTP://SURVEIGEOFISIKA.WEB.ID/ARTIKEL-2/</a> ) .....	3
Gambar 2. 2 Geologi regional lembar Pacitan ( Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi tahun 2002 ); Lokasi penelitian ditandai oleh kotak kuning .....	5
Gambar 2. 3 Skema proses pelarutan batu gamping (Trudgil, 1985) 8	
Gambar 2. 4 Peta daerah aliran sungai (BBWS, 2012); lokasi penelitian ditandai oleh kotak kuning .....	10
Gambar 2. 5 Parameter Polarisasi Ellips .....	15
Gambar 2. 6 Hubungan amplitudo dan fase gelombang sekunder dan primer (P).....	16
Gambar 3. 1 Peralatan dan Perlengkapan .....	19
Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian .....	21
Gambar 3. 3 Desain Akusisi Lokasi Penelitian .....	22
Gambar 4. 1 Hasil Filter K.arus HJelt lintasan VLF 1 .....	25
Gambar 4. 2 Penampang RAE surfer lintasan VLF 1 .....	26
Gambar 4. 3 Hasil Filter K.arus HJelt lintasan VLF 2.....	27
Gambar 4. 4 Penampang RAE surfer lintasan VLF 2.....	28
Gambar 4. 5 Hasil Filter K.arus HJelt lintasan VLF 3 .....	29
Gambar 4. 6 Penampang RAE surfer lintasan VLF 3.....	30
Gambar 4. 7 Hasil Filter K.arus HJelt lintasan VLF 4.....	31
Gambar 4. 8 Penampang RAE surfer lintasan VLF 4.....	32
Gambar 4. 9 Hasil Filter K.arus HJelt lintasan VLF 5.....	33
Gambar 4. 10 Penampang RAE surfer lintasan VLF 5.....	34
Gambar 4. 11 Hasil Filter K.arus HJelt lintasan VLF 6.....	35

Gambar 4. 12 Penampang RAE surfer lintasan VLF 6 .....	36
Gambar 4. 13 Korelasi Kedalaman 4 meter .....	37
Gambar 4. 14 Korelasi Kedalaman 8 meter .....	38
Gambar 4. 15 Korelasi Kedalaman 12 meter .....	39
Gambar 4. 16 Korelasi Kedalaman 16 meter .....	40
Gambar 4. 17 Korelasi Kedalaman 20 meter .....	41
Gambar 4. 18 Korelasi Kedalaman 24 meter .....	42
Gambar 4. 19 Korelasi Kedalaman 28 meter .....	43
Gambar 4. 20 Korelasi Kedalaman 32 meter .....	44
Gambar 4. 21 Korelasi Kedalaman 36 meter .....	45
Gambar 4. 23 Korelasi Kedalaman 40 meter .....	46
Gambar 4. 24 Korelasi antar segmen .....	48
Gambar 4. 25 Grafik arah kemenerusan sungai bawah tanah .....	49





## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Daerah Pacitan merupakan wilayah perbukitan dengan topografi tinggi dan curam, hanya beberapa tempat yang berupa dataran. Secara umum daerah Pacitan tersusun oleh batuan sedimen klastik, batuan gunungapi, dan batuan-batuan terobosan (Samodra dkk., 1992). Desa Sekar Kecamatan Punung merupakan daerah yang didominasi karst, daerah karst pada umumnya memiliki permasalahan kekeringan pada musim kemarau. Karst merupakan suatu kawasan yang memiliki karakteristik relief dan drainase yang khas, terutama disebabkan oleh derajat pelarutan batu-batuan yang intensif. Sistem drainase/tata air kawasan karst sangat unik karena didominasi oleh drainase bawah permukaan, dimana air permukaan sebagian besar masuk ke jaringan sungai bawah tanah melalui ponor ataupun inlet. Berdasarkan kondisi tersebut pada musim penghujan, air hujan yang jatuh ke daerah karst tidak dapat tertahan di permukaan tanah tetapi akan langsung masuk ke jaringan sungai bawah tanah melalui ponor tersebut (Karunia dkk, 2012). Kompleksitas permasalahan di daerah karst memerlukan metode geofisika yang khusus. Salah satu metode geofisika yang didapat dimanfaatkan untuk keperluan eksplorasi daerah karst adalah metoda VLF.

Metode VLF merupakan metode geofisika yang memanfaatkan prinsip elektromagnetik menggunakan sumber gelombang radio rendah berkisar 10-30 KHz. Metode Elektromagnetik Very Low Frequency (VLF) dapat dimanfaatkan dalam mendeteksi pola persebaran sungai bawah tanah, selain dapat mengidentifikasi pola penyebaran sungai bawah tanah metode VLF juga dapat digunakan untuk identifikasi zona patahan pada daerah penelitian dengan memperhatikan nilai perbedaan harga rapat arus. Metode tersebut mampu mengidentifikasi kemenerusan sungai bawah permukaan berdasarkan nilai perbedaan harga rapat arus yang terukur. (Santos, 2006)



## **1.2 Perumusan Masalah**

Perumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana mengidentifikasi kemenerusan sungai bawah tanah dengan menggunakan metode VLF berdasarkan perbedaan harga rapat arus ekivalen di daerah pengukuran .

## **1.3 Batasan Masalah**

Penelitian hanya dilakukan untuk mengidentifikasi kemenerusan sungai bawah tanah di kuniran berdasarkan nilai rapat arus ekivalen.

## **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari tugas akhir ini adalah untuk mengidentifikasi kemenurunan sistem sungai bawah tanah-

## **1.5 Manfaat Penelitian**

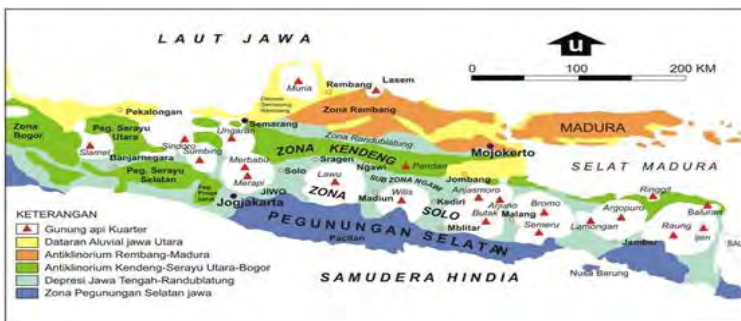
Manfaat yang ingin dicapai dalam penelitian tugas akhir ini adalah untuk mengetahui sistem kemenerusan sistem sungai bawah tanah di kuniran.

## BAB II DASAR TEORI

### 2.1 Geologi Regional Pacitan

Zona Pegunungan Selatan di Jawa Timur merupakan blok yang terangkat dan miring ke arah selatan. Zona ini dibatasi oleh *escarpment* yang cukup kompleks di sebelah utaranya. Wilayah antara Parangtritis dan Pacitan merupakan wilayah karst yang disebut Gunung Sewu atau pegunungan seribu dengan luas sekitar 1400 km<sup>2</sup>. Sedangkan wilayah antara Pacitan dan Popoh tersusun oleh batuan gamping dan batuan hasil aktifitas vulkanik asam-basa seperti granit, andesit dan dasit. (Van Bemmelen, 1949)

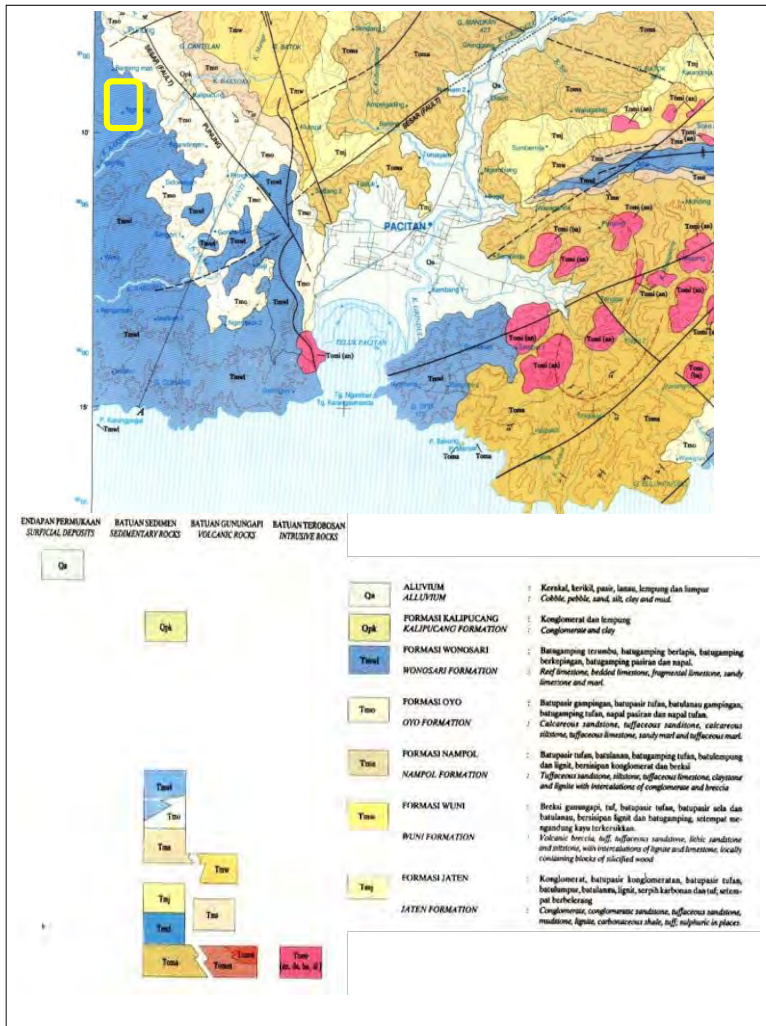
Subzona Gunung Sewu merupakan perbukitan karst dengan ketinggian hingga 800 meter di atas muka air yang termasuk bagian dari Zona Pegunungan Selatan. Di antara bukit – bukit karst tersebut dapat dijumpai goa horizontal maupun vertikal serta aliran air di dalamnya. Bentang alam karst ini membentang dari pantai Parangtritis di sebelah barat hingga Pacitan di sebelah timur.



Gambar 2. 1 Kabupaten Pacitan termasuk ke dalam zona pegunungan selatan. ([HTTP://SURVEIGEOFISIKA.WEB.ID/ARTIKEL-2/](http://surveigeofisika.web.id/artikel-2/))

Pacitan merupakan salah satu kabupaten yang terletak di pantai selatan Jawa Timur dengan koordinat 110° 55' 111,25" BT dan 7°55'8,17" LS. Kabupaten ini memiliki luas sebesar 138987.16 Ha yang terdiri sebagian besar berupa perbukitan karst menyebar di

seluruh wilayah kabupaten Pacitan dan jurang terjal yang termasuk dalam deretan Gunung Sewu, sedangkan selebihnya merupakan dataran rendah. Berdasarkan gambar 2.1, daerah penelitian di Pacitan tersusun oleh Formasi Wonosari (**Tmwl**), Formasi Oyo (**Tmo**), Formasi Jaten (**Tmj**) dan Alluvium (**Qa**).



Gambar 2. 2 Geologi regional lembar Pacitan ( Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi tahun 2002 ); Lokasi penelitian ditandai oleh kotak kuning

### **2.1.1 Formasi Wonosari (Tmwl)**

Formasi ini oleh Surono dkk., (1992) dijadikan satu dengan Formasi Punung yang terletak di Pegunungan Selatan bagian timur karena di lapangan keduanya sulit untuk dipisahkan, sehingga namanya Formasi Wonosari Punung. Formasi ini tersingkap baik di daerah Wonosari dan sekitarnya, membentuk bentang alam Subzona Wonosari dan topografi karts Subzona Gunung Sewu. Ketebalan formasi ini diduga lebih dari 800 meter. Kedudukan stratigrafinya di bagian bawah menyebar dengan Formasi Oyo, sedangkan di bagian atas menyebar dengan Formasi Kepek. Formasi ini didominasi oleh batuan karbonat yang terdiri dari batugamping berlapis dan batugamping terumbu. Sedangkan sebagian sisipan adalah napal. Sisipan tuf hanya terdapat di bagian timur.

Berdasarkan kandungan fosil pada Formasi Wonosari, fosil foraminifera besar dan kecil yang melimpah, diantaranya *Lepidocyclina sp.* dan *Miogypsina sp.*, diperkirakan umur formasi ini adalah Miosen Tengah hingga Pliosen. Lingkungan pengendapannya adalah laut dangkal (zona neritik) yang mendangkal ke arah selatan.

### **2.1.2 Formasi Oyo (Tmo)**

Lokasi tipe formasi ini berada di K Oyo. Batuan penyusun pada bagian bawah terdiri dari tuf dan napal tufan. Sedangkan ke atas secara berangsur didominasi oleh batugamping berlapis dengan sisipan batulempung karbonatan. Batugamping berlapis tersebut umumnya kalkarenit, namun terkadang dijumpai kalsirudit yang mengandung fragmen andesit membulat. Formasi Oyo tersebar luas di sepanjang K. Oyo. Ketebalan formasi ini lebih dari 140 meter dan kedudukannya menindih secara tidak selaras di atas Formasi Semilir, Formasi Nglanggran dan Formasi Sambipitu.

Formasi Oyo umumnya berlapis baik, sedangkan fosil yang dijumpai antara lain *Cycloclypeus annulatus Martin*, *Lepidocyclina ruttini Vlerk*, *Lepidocyclina ferrerioi Provale*, *Miogypsina polymorpha Ruten* dan *Miogypsina thecidaeiformis Ruten* yang menunjukkan umur Miosen Tengah hingga Miosen Akhir. Lingkungan pengendapannya pada laut dangkal (zona neritik) yang dipengaruhi kegiatan gunungapi.

### **2.1.3 Formasi Jaten (Tmj)**

Pacitan tersusun oleh konglomerat, batu pasir kuarsa, batu lempung (mengandung fosil *Gastrophoda*, *Pelecypoda*, *Coral*, *Bryozoa*, *Foraminifera*), dengan sisipan tipis lignit. Ketebalan satuan ini mencapai 20-150 m. Diendapkan pada lingkungan transisi – neritik tepi pada Kala Miosen Tengah (N9 – N10). (Sartono, 1964)

### **2.1.4 Alluvium (Qa)**

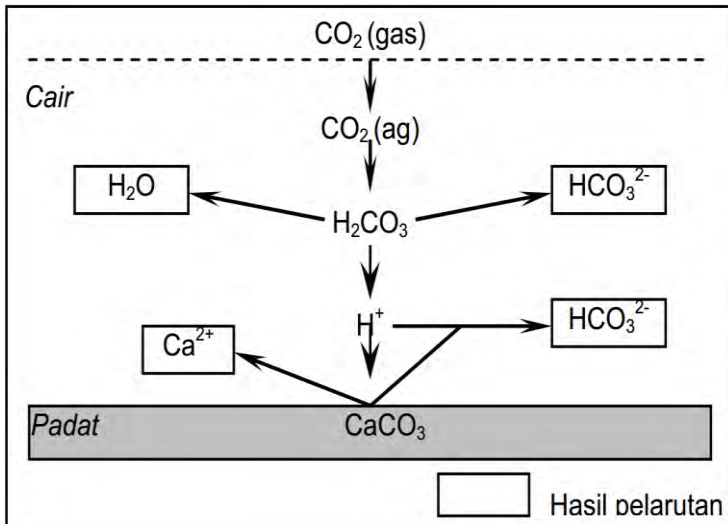
Endapan permukaan ini sebagai hasil dari rombakan batuan yang lebih tua yang terbentuk pada Kala Plistosen hingga masa kini. Terdiri dari bahan lepas sampai padu lemah, berbutir lempung hingga kerakal. Surono dkk. (1992) membagi endapan ini menjadi Formasi Baturetno (Qb), Aluvium Tua (Qt) dan Aluvium (Qa). Sumber bahan rombakan berasal dari batuan Pra-Tersier Perbukitan Jiwo, batuan Tersier Pegunungan Selatan dan batuan G. Merapi. Endapan aluvium (Qa) ini membentuk Dataran Yogyakarta - Surakarta dan dataran di sekeliling Bayat. Satuan Lempung Hitam, secara tidak selaras menutupi satuan di bawahnya. Tersusun oleh litologi lempung hitam, konglomerat, pasir, lanau dan lumpur dengan ketebalan satuan  $\pm 10$  m. Penyebarannya dari Ngawen, Semin, sampai Selatan Wonogiri. Di Baturetno, satuan ini menunjukkan ciri endapan danau, pada Kala Pleistosen. Ciri lain yaitu: terdapat secara setempat laterit (warna merah kecoklatan) merupakan endapan terarosa, yang umumnya menempati uvala pada morfologi karst.

## **2.2 Geomorfologi Karst Pacitan**

Karst berasal dari bahasa Slovenia Kras yang berarti lahan gersang berbatu. Ford dan Williams (1989) mendefinisikan karst sebagai medan dengan kondisi hidrologi yang khas akibat dari batuan yang mudah larut dan mempunyai porositas sekunder yang berkembang baik. Karst dapat diketahui oleh ciri-ciri sebagai berikut :

1. Terdapat cekungan tertutup atau lembah kering dalam berbagai ukuran dan bentuk
2. Terdapat goa dari sistem drainase bawah tanah
3. Drainase atau sungai permukaan langka

Proses pembentukan karst atau karstifikasi didominasi oleh proses pelarutan. Proses pelarutan diawali oleh larutnya  $\text{CO}_2$  di dalam air membentuk  $\text{H}_2\text{CO}_3$ . Larutan  $\text{H}_2\text{CO}_3$  tidak stabil terurai menjadi  $\text{H}^+$  dan  $\text{HCO}_3^{2-}$ . Ion  $\text{H}^+$  kemudian menguraikan  $\text{CaCO}_3$  menjadi  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{HCO}_3^{2-}$ .



Gambar 2. 3 Skema proses pelarutan batu gamping (Trudgil, 1985)

Gambar 2.3 Proses karstifikasi dipengaruhi oleh dua kelompok faktor yaitu faktor pengontrol dan faktor pendorong. Faktor pengontrol berfungsi menentukan keberlangsungan proses karstifikasi, sedangkan faktor pendorong berfungsi menentukan kecepatan dan kesempurnaan proses karstifikasi.

Faktor pengontrol :

- Batuan mudah larut, kompak, tebal, dan mempunyai banyak rekahan
- Curah hujan yang cukup ( $>250$  mm/tahun)
- Batuan terekspos di ketinggian yang memungkinkan perkembangan sirkulasi air secara vertikal

Faktor pendorong :

- Temperatur
- Penutupan lahan

Klasifikasi karst secara umum dapat dikategorikan menjadi tiga kelompok, yaitu :

- Klasifikasi Cvijic (1914) : klasifikasi berdasarkan perkembangan
- Klasifikasi Gvozdeckij (1965) : klasifikasi berdasarkan morfologi
- Klasifikasi Sweeting (1972) : klasifikasi berdasarkan iklim

Berdasarkan klasifikasi Cvijic, Pacitan termasuk dalam kategori **Holokarst**, dimana karst mengalami perkembangan sempurna dari segi bentuk maupun hidrologi bawah permukaan. Berdasarkan klasifikasi Gvozdeckij, Pacitan termasuk dalam kategori **Bare karst**, dimana karst dapat terlihat langsung atau tidak tertutup oleh batuan lainnya. Berdasarkan klasifikasi Sweeting, Pacitan termasuk dalam kategori **Kegelkarst** yang dicirikan oleh kumpulan bukit-bukit berbentuk kerucut. Sela antar bukit membentuk cekungan berbentuk seperti bintang yang dikenal dengan *kockpit*. Kockpit biasanya membentuk pola kelurusan akibat kontrol kekar atau sesar. (Haryono, 2004)

## 2.3 Hidrologi

Wilayah Kabupaten Pacitan terdiri dari 5 daerah aliran sungai (DAS) yaitu DAS Grindulu, DAS Baksoko, DAS Lorog, DAS Pagotan, dan DAS Bawur. Daerah Aliran Sungai Grindulu memiliki topografi datar hingga bergunung dengan elevasi tertinggi 1.100 m di atas permukaan air laut (Gunung Gembes) dan mempunyai wilayah paling besar yaitu meliputi 9 kecamatan yaitu Kecamatan Pacitan, Kebonagung, Arjosari, Tulakan, Punung, Pringkuku, Tegalombo, Nawangan, dan Bandar. Luas DAS kurang lebih 1.500 km<sup>2</sup> dengan panjang kurang lebih 52 km. Sungai-sungai besar yang mengalir di daerah ini antara lain S. Grindulu dan S. Panggul. Kelurusannya lebih banyak dipengaruhi oleh sesar dan kekar daripada kedudukan lapisan batuan.





Gambar 2. 4 Peta daerah aliran sungai (BBWS, 2012); lokasi penelitian ditandai oleh kotak kuning

Gambar 2.4 daerah Donorojo terdapat aliran bawah permukaan atau sungai bawah tanah yang mengalir melalui sistem lorong gua atau saluran bawah tanah yang rumit, dan berkembang pada batu gamping (karst) fasies terumbu, berdasarkan penelitian yang pertama dilakukan debit dari sumber sungai bawah tanah ini mencapai 176,70 l/det. Hal ini dikarenakan sifat batuan karbonat yang memiliki rongga-rongga dan mudah larut dalam air menyebabkan sistem drainase permukaan tidak berkembang dan lebih didominasi oleh sistem drainase bawah permukaan. Sifat batuan ini menyebabkan akuifer yang unik karena dapat menyebabkan sungai bawah tanah, mata air atau telaga.

### 2.3.1 Karstifikasi

Karstifikasi merupakan proses kerja air terutama secara kimiawi, meskipun secara mekanik pula yang menghasilkan kenampakan-kenampakan topografi karst (Ritter, 1979). Karstifikasi atau proses pembentukan bentuklahan karst didominasi oleh proses pelarutan. Proses pelarutan batugamping diawali oleh larutnya  $\text{CO}_2$

didalam air membentuk  $\text{H}_2\text{CO}_3$ . Larutan  $\text{H}_2\text{CO}_3$  tidak stabil terurai menjadi  $\text{H}^-$  dan  $\text{HCO}_3^-$  Ion  $\text{H}^-$  inilah yang selanjutnya menguraikan  $\text{CaCO}_3$  menjadi  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{HCO}_3^{2-}$ . Berikut adalah faktor-faktor yang dapat mendorong terbentuknya karst:

1. Faktor pengontrol (menentukan banyak tidaknya proses karstifikasi berlangsung)
  - a. Batuan mudah larut, kompak, tebal dan mempunyai banyak rekahan
  - b. Curah hujan yang cukup ( $>250$  mm/tahun)
  - c. Batugamping dengan kemurnian tinggi (batuan terekspos ditinggikan yang memungkinkan perkembangan sirkulasi air/drainase secara vertikal)
2. Faktor pendorong
  - a. Temperatur (daerah tropis basah)
  - b. Penutup lahan/vegetasi yang lebat

Batuan yang mengandung  $\text{CaCO}_3$  tinggi akan mudah larut. Semakin tinggi kandungan  $\text{CaCO}_3$ , semakin berkembang bentuk karst. Kekompakan batuan menentukan kestabilan karst setelah mengalami pelarutan. Apabila batuan lunak, maka setiap kenampakan karst yang terbentuk seperti kelen dan bukit akan cepat hilang karena proses pelarutan itu sendiri maupun gerak massa batuan, sehingga kenampakan karst tidak berkembang baik. Ketebalan menentukan terbentuknya sirkulasi air secara vertikal lebih. Tanpa adanya lapisan yang tebal sirkulasi air akan berlangsung secara lateral seperti pada air-air permukaan dan cekungan-cekungan. Rekahan tertutup tidak dapat terbentuk. Rekahan batuan merupakan jalan masuknya air membentuk drainase vertikal dan berkembangnya sungai bawah tanah serta pelarutan yang terkonsentrasi.

Curah hujan merupakan media pelarut utama dalam proses karstifikasi. Semakin besar curah hujan, semakin besar media pelarut, sehingga tingkat pelarutan yang terjadi di batuan karbonat juga semakin besar. Ketinggian batugamping terekspos dipermukaan menentukan sirkulasi/drainase secara vertikal. Walaupun batugamping mempunyai lapisan tebal tetapi hanya terekspos beberapa meter di atas muka laut, karstifikasi tidak akan terjadi. Drainase vertikal akan terjadi jika jarak antara permukaan

batugamping dengan muka air tanah atau batuan dasar dari batugamping semakin besar. Semakin tinggi permukaan batugamping terekspos, semakin besar jarak antara permukaan batugamping dengan muka air tanah dan semakin baik sirkulasi air secara vertikal, serta semakin intensif pula karstifikasi.

Temperatur mendorong proses karstifikasi terutama dalam aktivitas organisme. Daerah dengan temperature hangat seperti di daerah tropis merupakan daerah yang ideal bagi perkembangan organisme yang selanjutnya menghasilkan  $\text{CO}_2$  dalam tanah yang melimpah. Temperatur juga menentukan evaporasi, semakin tinggi temperature semakin besar evaporasi yang pada akhirnya akan menyebabkan rekristalisasi ini akan membuat pengerasan permukaan (case hardening) sehingga bentuklah karst yang telah terbentuk dapat dipertahankan dari proses denudasi yang lain (erosi dan gerak massa batuan). Kecepatan rekasi sebenarnya lebih besar di daerah temperature rendah karena konsentrasi  $\text{CO}_2$  lebih rendah pada temperature rendah. Namun demikian tingkat pelarutan di daerah tropis lebih tinggi karena ketersediaan air hujan yang melimpah dan aktivitas organisme yang lebih besar.

Penutupan hutan juga merupakan factor pendorong perkembangan karst, karena hutan yang lebat akan mempunyai kandungan  $\text{CO}_2$  melimpah dalam tanah akibat hasil dari perimbakan sisa-sisa organik oleh mikroorganisme. Semakin besar konsentrasi  $\text{CO}_2$  dalam air semakin tinggi tingkat daya larut air terhadap batugamping.  $\text{CO}_2$  di atmosfer tidaklah bervariasi secara signifikan, sehingga variasi karstifikasi sangat ditentukan oleh  $\text{CO}_2$  dari pada aktivitas organisme.

## 2.4 Metode Very Low Frequency (VLF)

Metode elektromagnetik biasanya digunakan untuk eksplorasi benda-benda konduktif. Perubahan komponen medan akibat variasi konduktivitas dimanfaatkan untuk menentukan struktur bawa permukaan. Medan elektromagnetik yang digunakan dapat diperoleh dengan sengaja membangkitkan medan elektromagnetik di sekitar daerah observasi. Pengukuran semacam ini disebut teknik pengukuran aktif. Metode ini kurang praktis dan daerah observasi dibatasi oleh besarnya sumber yang dibuat. Teknik pengukuran lain adalah teknik pengukuran pasif. Teknik ini memanfaatkan medan elektromagnetik yang berasal dari sumber yang tidak sengaja dibangkitkan. Gelombang elektromagnetik seperti ini berasal dari alam dan dari pemancar frekuensi rendah (15-30 kHz)- teknik ini lebih praktis dan mempunyai jangkauan daerah pengamatan yang luas (Santos, 2006).

Metode elektromagnetik VLF ini bertujuan untuk mengukur harga daya konduktivitas batuan berdasarkan pengukuran gelombang elektromagnetik sekunder. Metode ini memanfaatkan gelombang hasil induksi elektromagnetik yang berfrekuensi sangat rendah. Karena frekuensinya yang cukup rendah, gelombang ini memiliki penetrasi yang cukup dalam. Gelombang ini juga menjalar ke seluruh dunia dengan atenuasi yang kecil dalam pandu gelombang antara permukaan bumi dan ionosfer.

Karena induksi gelombang tersebut, maka di dalam medium oleh batuan akan timbul arus induksi. Arus induksi inilah yang menimbulkan medan sekunder yang dapat ditangkap di permukaan bumi. Besarnya kuat medan elektromagnetik sekunder ini sebanding dengan besarnya daya hantar listrik batuan ( $\rho$ ), sehingga dengan mengukur kuat medan pada arah tertentu, maka secara tidak langsung kita dapat mendeteksi daya hantar listrik batuan di bawahnya. Adapun parameter elektromagnetik VLF yang penting adalah

### 1. Pengaruh Atmosfer

Sumber *noise* yang utama adalah radiasi medan elektromagnetik akibat kilat atmosfer baik di tempat dekat atau jauh dari lokasi pengukuran. Pada frekuensi VLF radiasi medan ini cukup dapat melemahkan sinyal yang dipancarkan oleh pemancar. Daerah

yang cukup banyak badai tersebut adalah Afrika tengah dan Asia tenggara termasuk Indonesia. Noise kedua adalah variasi diurnal medan elektromagnetik bumi di mana terjadi pergerakan badai dari arah timur ke barat yang terjadi mulai siang hingga sore hampir malam.

## 2. Rambatan Gelombang Elektromagnetik

VLF dengan frekuensi <100 KHz, arus pergeseran akan lebih kecil dari arus konduksi karena permitivitas dielektrik batuan rata-rata cukup kecil dan konduktivitas target biasanya > 10<sup>-2</sup> S/m. Hal ini menunjukkan efek medan akibat arus konduksi memegang peranan penting ketika terjadi perubahan konduktivitas batuan.

### 2.4.1 Skin Depth

Kedalaman pada saat amplitudo menjadi 1/e (sekitar 37%) dari amplitudo permukaan dikenal sebagai kedalaman kulit (skin depth ( $\delta$ )). Kedalaman ini di dalam metode EM sering ditengarai sebagai kedalaman penetrasi gelombang, yaitu:

$$\delta = 1/\alpha = \sqrt{\left(\frac{2}{\mu_0 \sigma \omega}\right)} \approx 504 \sqrt{(\rho / f)} \quad (2.1)$$

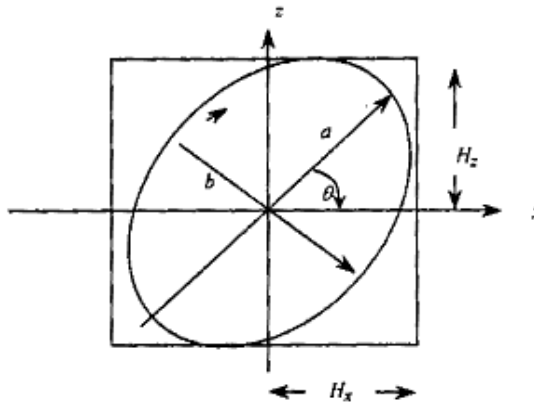
### 2.4.2 Moving Average

Filter ini digunakan untuk memisahkan data yang mengandung frekuensi tinggi dan rendah. Filter ini dilakukan dengan cara merata-ratakan nilai anomalnya dibagi dengan panjang interval smoothing yang digunakan, yang dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\hat{y}_i = \frac{1}{N} \sum_{j=i-k}^{i+k} y_j \quad (2.2)$$

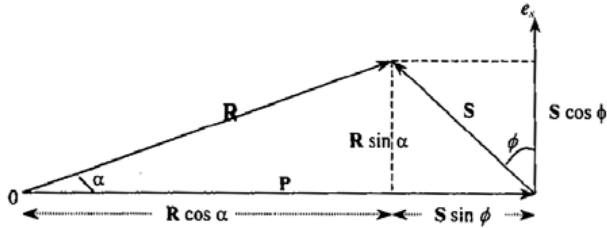
$$\text{Dengan } k = \frac{N-1}{2}$$

Persamaan (2.2) k adalah jumlah pengurangan data yang hilang akibat penapisan dan N adalah panjang interval smoothing (guinon, dkk).



Gambar 2. 5 Parameter Polarisasi Ellips

Gambar 2.5 Karakteristik gelombang elektromagnetik dalam metode VLF dapat dijelaskan sebagai berikut. Pada saat gelombang primer masuk kedalam medium, gaya gerak listrik (ggl) induksi es akan muncul dengan frekuensi yang sama, tetapi fase tertinggal 90°. Gambar 8 menunjukkan diagram vektor antara medan primer P dan ggl induksinya. Kombinasi antara medan P dan medan S ( $R \cos \alpha$ ) disebut komponen real (in phase) dan komponen yang tegak lurus P ( $R \sin \alpha$ ) disebut komponen imajiner (out-of-phase, komponen kuadratur).



Gambar 2. 6 Hubungan amplitudo dan fase gelombang sekunder dan primer (P)

Jika medan magnet horizontal adalah  $H_x$  dan medan magnet vertikalnya adalah  $H_z$ , maka besar sudut tilt dapat ditunjukkan seperti Gambar 2.3, yang besarnya adalah

$$\tan(2\theta) = \frac{2\left(\frac{H_z}{H_x}\right) \cos \theta}{1 - \left(\frac{H_z}{H_x}\right)^2} \times 100\% \quad (2.3)$$

dan eliptisitasnya diberikan sebagai

$$\varepsilon = \frac{b}{a} = \frac{H_z H_x \sin \theta}{\left[ H_z e^{i\theta} \sin \theta + H_x \cos \theta \right]^2} \times 100\% \quad (2.4)$$

Sudut tilt dan eliptisitas dapat digunakan untuk membandingkan komponen medan magnetik sekunder  $S$  vertikal dengan medan magnetik primer  $P$  horizontal, serta membandingkan komponen kuadrat dari medan sekunder  $S$  vertikal terhadap medan primer  $P$  horizontal.

Interpretasi kualitatif VLF-EM dapat dilakukan dengan menggunakan filter Karous-Hjelt. Penerapan hasil filter ini berupa distribusi kerapatan arus yang dapat memberi informasi mengenai daerah konduktif. Filter Karous-Hjelt menghasilkan persebaran

anomali bawah permukaan berdasarkan parameter rapat arus. Hasil yang diperoleh dari filter ini berupa peta kontur 2 dimensi dengan kedalaman yang masih bersifat semu. Pengolahan data menggunakan filter Karous-Hjelt sesuai dengan persamaan berikut (Karous and Hjelt, 1983):

$$KHn = 0.102Hn^{-3} - 0.059Hn^{-2} + 0.561Hn^{-1} - 0.561 Hn^{+1} + 0.059Hn^{+2} - 0.102Hn^{+3} \quad (2.5)$$

Dimana :

KHn = Nilai Karous-Hjelt terhitung

Hn = data pada titik ke n

### **Rapat Arus dan Ekuivalen**

Rapat arus ekuivalen terdiri dari arus yang menginduksi konduktor dan arus yang terkonsentrasi dalam konduktor dari daerah sekelilingnya yang kurang konduktif. Asumsi untuk menentukan rapat arus yang menghasilkan medan magnetik yang identik dengan medan magnetik yang diukur. Secara teori, kedalaman semu rapat arus ekuivalen memberikan gambaran indikasi tiap-tiap kedalaman variasi konsentrasi arus.

$$\frac{\Delta Z}{2\pi} I_a \left( \frac{\Delta x}{2} \right) = -0.205H_{-2} + 0.323H_{-1} - 1.446H_0 + 1.446H_{+1} - 0.323H_{+2} + 0.205H_{+3} \quad (2.6)$$

Persamaan filter linear (Karous dan Hjelt) di atas adalah persamaan untuk menentukan rapat arus ekuivalen dan merupakan filter terpendek yang memberikan kesalahan kurang dari 8% untuk medan dari lintasan arus tunggal.



#### **2.4.4 Ekstrapolasi Kriging**

Geostatistika merupakan statistika yang digunakan pada bidang geologi. Pada bidang geologi terdapat suatu metode yang digunakan untuk melakukan pengestimasian cadangan mineral atau hasil tambang lainnya. Salah satu metode yang digunakan untuk mengestimasi cadangan tersebut dengan menggunakan metode kriging. Metode kriging digunakan oleh G. Matheron untuk menonjolkan metode khusus dalam moving average terbobot (weighted moving average) yang meminimalkan variansi dari hasil estimasi. Kriging adalah suatu teknik perhitungan untuk estimasi dari suatu variabel terregional yang menggunakan pendekatan bahwa data yang dianalisis dianggap sebagai suatu realisasi dari suatu variabel acak, dan keseluruhan variabel acak yang dianalisis tersebut akan membentuk suatu fungsi acak dengan menggunakan model struktural variogram. Kriging juga merupakan suatu metode yang digunakan untuk menonjolkan metode khusus dalam rata-rata bergerak terbobot yang meminimalkan variansi dari hasil estimasi. Secara umum, kriging merupakan suatu metode untuk menganalisis data geostatistik untuk menginterpolasi suatu nilai kandungan mineral berdasarkan data sampel. Data sampel pada ilmu kebumihannya biasanya diambil di tempat-tempat yang tidak beraturan.

## **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

### **3.1 Lokasi Penelitian**

Lokasi penelitian terletak di Desa Sekar, Kecamatan Donorejo, Pacitan Barat, Kabupaten Pacitan. Pada lokasi penelitian ini, adanya jalur sungai bawah tanah diindikasikan dengan adanya beberapa titik luweng yang sejalur yaitu:

1. Luweng Kuniran (lampiran )
2. Luweng Kuniran II (lampiran)
3. Luweng Kedung Banteng (lampiran)

### **3.2 Peralatan Penelitian**



Gambar 3. 1 Peralatan dan Perlengkapan

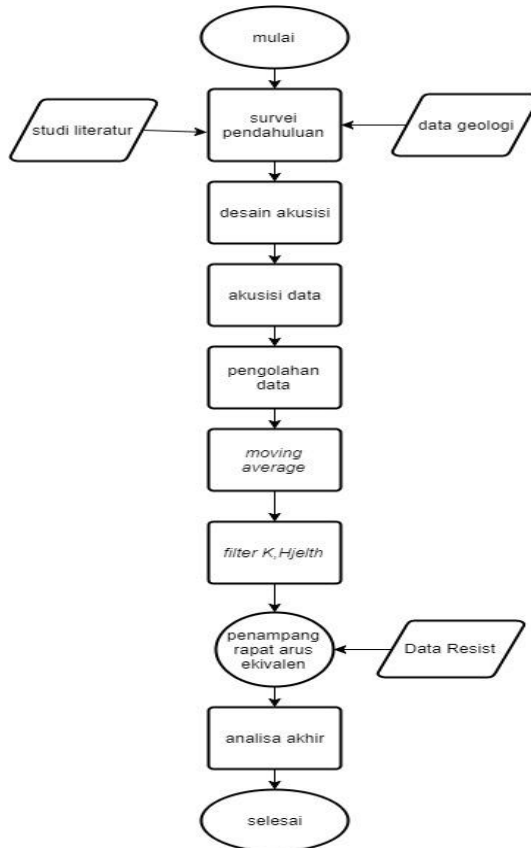
Adapun peralatan yang dibutuhkan pada penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Perangkat Keras
  - a. Satu set VLF-T
  - b. Satu unit laptop

- c. Kompas
  - d. GPS
  - e. HT
  - f. Palu geologi
2. Perangkat Lunak
- a. Microsoft office
  - b. Filter Khffilt
  - c. Surfer
  - d. Petrel 2014

### 3.3 Diagram Alir Penelitian

Berikut ini merupakan diagram alir pada penelitian ini:



Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian

### 3.4 Prosedur Penelitian

Berikut ini adalah tahapan yang dilakukan pada penelitian ini:

1. Tahap Persiapan Penelitian meliputi tahap penyiapan data peta Geologi Persiapan peralatan, dan Desain Akusisi.
2. Pembuatan Desain akusisi data dilakukan dengan pengambilan foto citra satelit dari google earth
3. Pengolahan data  
Pengolahan Data digunakan dengan software SURFER, Petrel 2014.
4. Interpretasi Data  
Interpretasi data akan dilakukan dengan filter Khjelt dan dilakukan perhitungan volum sungai bawah tanah.
5. Kesimpulan  
Dilakukan korelasi terhadap lintasan VLF 1, lintasan VLF 2, lintasan VLF 3, lintasan VLF 4, lintasan VLF 5, lintasan VLF 6 dengan memperhatikan nilai rapat arus ekivalen.

### 3.5 Desain Akusisi



Gambar 3. 3 Desain Akusisi Lokasi Penelitian

Keterangan desain akusisi :

Tabel 3 1 Koordinat Lintasan Pengukuran

no	nama lintasan	koordinat awal		koordinat akhir	
		x	y	x	y
1	lintasan vlf 1	498245	9100435	497888.2	9100236
2	lintasan vlf 2	497847	9100305	498215.2	9100462
3	lintasan vlf 3	498304	9100386	497945.4	9100187
4	lintasan vlf 4	497633	9100311	498025.1	9100191
5	lintasan vlf 5	498204	9100370	497885	9100737
6	lintasan vlf 6	497925	9100228	497579	9100579

Luas area : Luas wilayah penelitian: 325.593 m<sup>2</sup>

Desain akuisisi lapangan yang penelitian terdiri dari 6 lintasan, antara lain sebagai berikut :

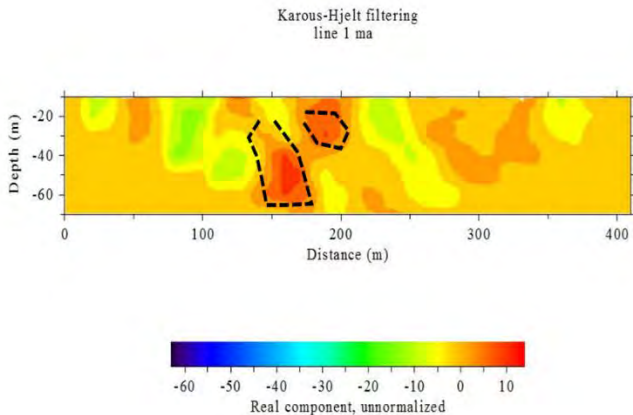
- Lintasan VLF 1  
Lintasan VLF 1 dengan panjang 410 meter serta kondisi lingkungan berupa kebun warga, bukit dan sungai kuniran. Pengambilan data dilakukan pada tanggal 5 oktober 2017, lintasan ini memiliki arah pengukuran timur laut-barat daya dengan elevasi 241°, jarak setiap titik 10 meter, titik awal pengukuran berada 498245 E, 9100435 N UTM hingga 497888.2107 E, 9100236.23 N UTM.
- Lintasan VLF 2  
Lintasan VLF 2 dengan panjang 350 meter serta kondisi lingkungan berupa kebun warga, bukit dan sungai kuniran. Pengambilan data dilakukan pada tanggal 4 oktober 2017, lintasan ini memiliki arah pengukuran barat daya-timur laut dengan elevasi 67°, jarak setiap titik 10 meter, titik awal pengukuran berada 497846.96 E, 9100305.49 N UTM hingga 498215.1619 E, 9100461.78 N UTM.

- Lintasan VLF 3  
 Lintasan VLF 3 dengan panjang 400 meter serta kondisi lingkungan berupa kebun warga, bukit dan sungai kuniran. Pengambilan data dilakukan pada tanggal 4 oktober 2017, lintasan ini memiliki arah pengukuran timur laut-barat daya dengan elevasi 241°, jarak setiap titik 10 meter, titik awal pengukuran 498304 E, 9100386 N UTM hingga 497945.4059 E, 9100187.23 N UTM.
- Lintasan VLF 4  
 Lintasan VLF 4 dengan panjang 350 meter serta kondisi lingkungan berupa kebun warga, bukit dan sungai kuniran. Pengambilan data dilakukan pada tanggal 5 oktober 2017, lintasan ini memiliki arah pengukuran barat laut-tenggara dengan elevasi 107°, jarak setiap titik 10 meter, titik awal pengukuran 497633E, 9100311N UTM hingga 498025.0849 E, 9100191.128 N UTM.
- Lintasan VLF 5  
 Lintasan VLF 5 dengan panjang 600 meter serta kondisi lingkungan berupa kebun warga, bukit dan sungai kuniran. Pengambilan data dilakukan pada tanggal 6 oktober 2017, lintasan ini memiliki arah pengukuran tenggara-barat laut dengan elevasi 322°, jarak setiap titik 25 meter, titik awal pengukuran 498325E, 9100201 N UTM hingga 497955.6031E, 9100673.80N UTM.
- Lintasan VLF 6  
 Lintasan VLF 6 dengan panjang 700 meter serta kondisi lingkungan berupa kebun warga, bukit dan sungai kuniran. Pengambilan data dilakukan pada tanggal 7 oktober 2017, lintasan ini memiliki arah pengukuran tenggara-barat laut dengan elevasi 315°, jarak setiap titik 25 meter, titik awal pengukuran 498069E, 9100083N UTM hingga 497574.0253E, 9100577.98N UTM.

## BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Analisa Lintasan VLF

#### 4.1.1 Analisa Lintasan VLF 1

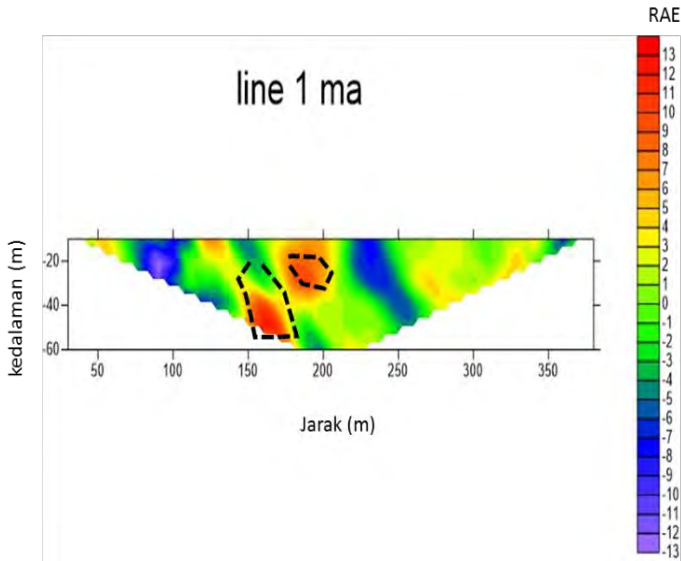


Gambar 4. 1 Hasil Filter K.arus HJelt lintasan VLF 1

Dilakukan input data pengukuran berupa data *Tilt,elips*, jumlah lintasan, frekuensi yang digunakan 22.500 (australia) atau 19.600(Jepang) untuk memperoleh penampang hasil filter KHjelt.

Gambar 4.1 menjelaskan hasil pengolahan *filter karous hjelt* menggunakan *software* Khjelt, terlihat bahwa anomali yang bersifat konduktivitas tinggi berada pada jarak 160-200 meter dengan perkiraan kedalaman 30-60 meter. Konduktivitas tinggi diidentifikasi sebagai anomali lorong-lorong dan diduga berupa batuan dalam struktur sungai bawah tanah yang mengalirkan air. Skala *Real component* merupakan skala Rapat Arus Ekuivalen(RAE).



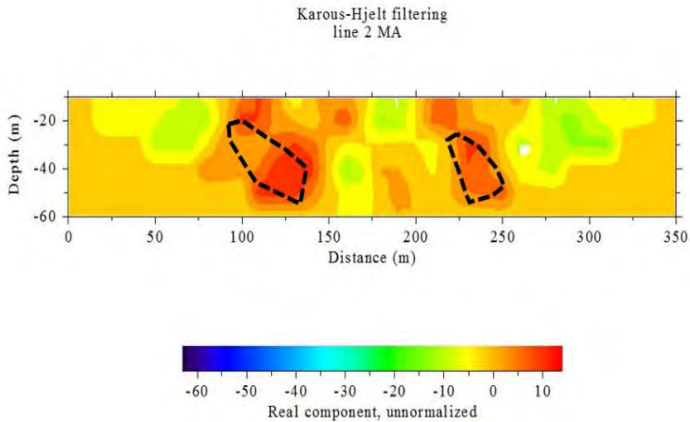


Gambar 4. 2 Penampang RAE surfer lintasan VLF 1

Pengolahan pada *software* KHjelt maka dilakukan pembuatan Penampang pada *software* Surfer. Tujuan dari penggunaan *software* Surfer ialah untuk mempertegas akurasi perbedaan kontras warna dari pengolahan filter KHjelt pada gambar 4.1 serta dapat mengetahui nilai RAE yang lebih baik. Nilai RAE berbanding lurus dengan konduktivitas ( $\sigma$ ), jika nilai RAE tinggi maka nilai konduktivitas ( $\sigma$ ) juga tinggi namun berbanding terbalik dengan nilai resistivitas ( $\rho$ ).

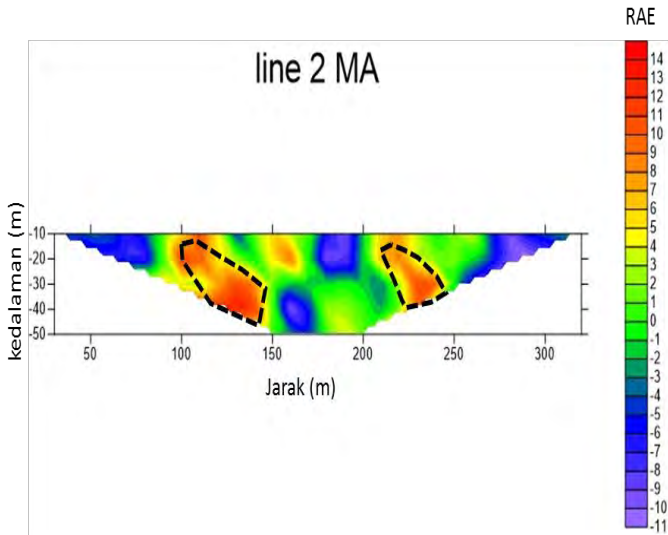
Gambar 4.2 merupakan penampang RAE dari lintasan VLF 1 berupa anomali konduktivitas tinggi berkisar 6,83-12,66 pada jarak 150-190 meter dengan perkiraan kedalaman 30-60 meter ( warna kuning dan merah) .

#### 4.2.2 Analisa Lintasan VLF 2



Gambar 4. 3 Hasil Filter K.arous HJelt lintasan VLF 2

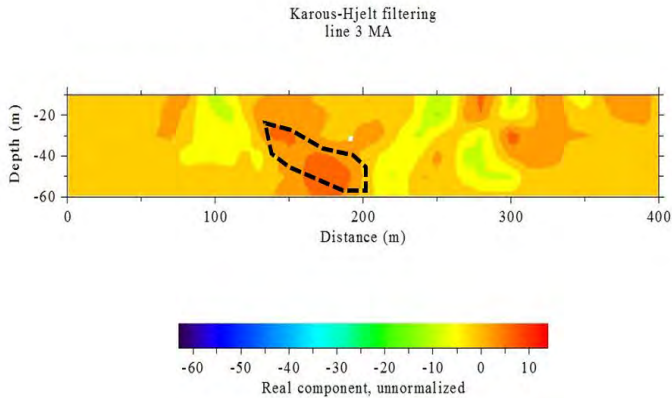
Gambar 4.3 menjelaskan hasil pengolahan *filter karous hjelt* menggunakan *software* Khjelt, terlihat bahwa anomali yang bersifat konduktivitas tinggi berada pada jarak 100-150 meter dengan perkiraan kedalaman 30-60 meter dan anomali konduktivitas pada jarak 220-240 meter dengan perkiraan kedalaman 30-50 meter. Konduktivitas tinggi diidentifikasi sebagai anomali lorong-lorong dan diduga berupa batuan dalam struktur sungai bawah tanah yang mengalirkan air. Skala *Real component* merupakan skala Rapat Arus Ekuivalen(RAE).



Gambar 4. 4 Penampang RAE surfer lintasan VLF 2

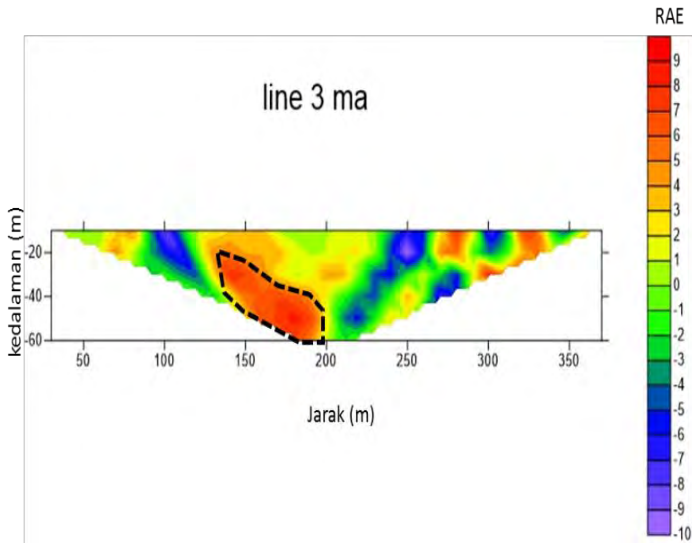
Gambar 4.4 merupakan penampang RAE dari lintasan VLF 2 berupa anomali konduktivitas tinggi RAE berkisar 7,46-13,58 pada jarak 110-140 meter dengan perkiraan kedalaman 20-40 meter, dan anomali RAE berkisar 6,31-11,22 pada jarak 210-240 meter dengan perkiraan kedalaman 20-30 meter ( warna kuning dan merah).

### 4.2.3 Analisa Lintasan VLF 3



Gambar 4. 5 Hasil Filter K.arous HJelt lintasan VLF 3

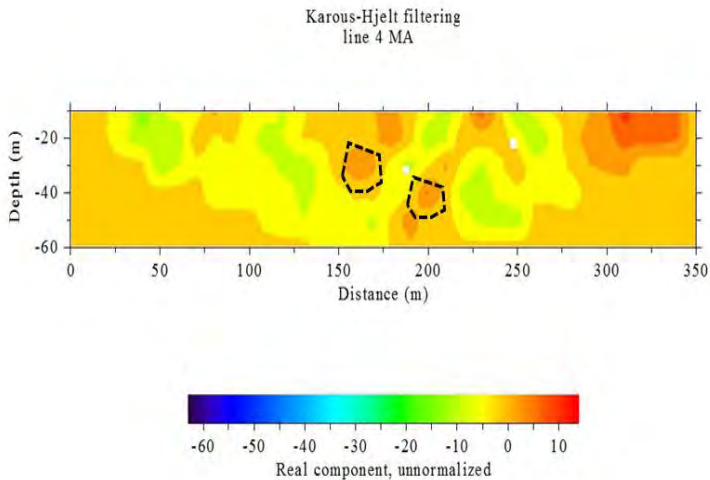
Gambar 4.5 menjelaskan hasil pengolahan *filter karous hjelt* menggunakan *software* Khjelt, terlihat bahwa anomali yang bersifat konduktivitas tinggi berada pada 110-190 meter dengan perkiraan kedalaman 30-60 meter dan anomali konduktivitas pada jarak 300-330 meter dengan perkiraan kedalaman 30-50 meter. Konduktivitas tinggi diidentifikasi sebagai anomali lorong-lorong dan diduga berupa batuan dalam struktur sungai bawah tanah yang mengalirkan air. Skala *Real component* merupakan skala Rapat Arus Ekuivalen(RAE).



Gambar 4. 6 Penampang RAE surfer lintasan VLF 3

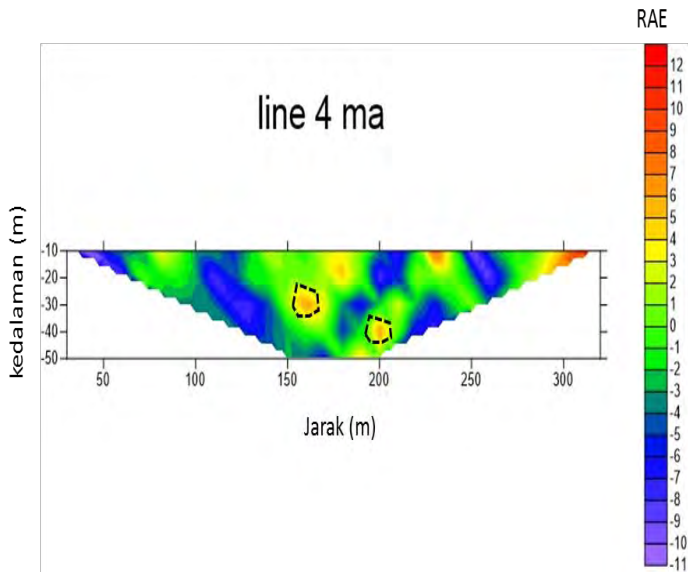
Gambar 4.6 merupakan penampang RAE dari lintasan VLF 3 berupa anomali konduktivitas tinggi RAE berkisar 4,7-8,66 pada jarak 140-190 meter dengan perkiraan kedalaman 20-40 meter, dan anomali RAE berkisar 5,87-8,86 pada jarak 280-330 meter dengan perkiraan kedalaman 20-40 meter ( warna kuning dan merah).

#### 4.2.4 Analisa Lintasan VLF 4



Gambar 4. 7 Hasil Filter K.arous HJelt lintasan VLF 4

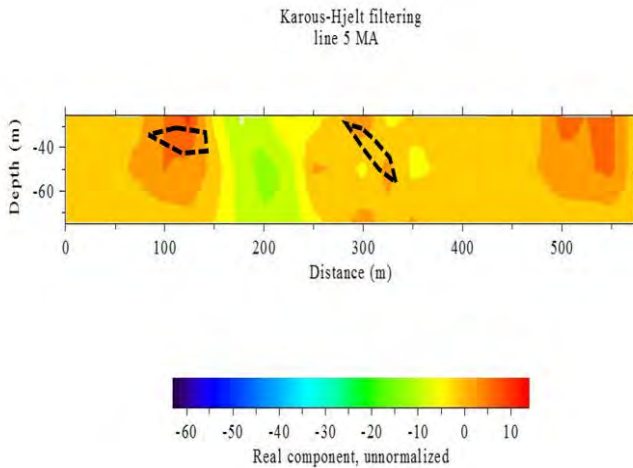
Gambar 4.7 menjelaskan hasil pengolahan *filter karous hjelt* menggunakan *software* Khjelt, terlihat bahwa anomali yang bersifat konduktivitas tinggi berada pada jarak 160-180 meter dengan perkiraan kedalaman 40 meter dan anomali konduktivitas pada jarak 190-200 meter dengan perkiraan kedalaman 40-50 meter. Konduktivitas tinggi diidentifikasi sebagai anomali lorong-lorong dan diduga berupa batuan dalam struktur sungai bawah tanah yang mengalirkan air. Skala *Real component* merupakan skala Rapat Arus Ekuivalen(RAE).



Gambar 4. 8 Penampang RAE surfer lintasan VLF 4

Gambar 4.8 merupakan penampang RAE dari lintasan VLF 4 berupa anomali konduktivitas tinggi berkisar 5,06-6,42 pada jarak 160-180 meter dengan perkiraan kedalaman 20-40 meter, dan anomali RAE berkisar 7,09-8,96 pada jarak 190-200 meter dengan perkiraan kedalaman 20-40 meter, terdapat nilai anomali konduktivitas tinggi pada jarak 300 meter kedalaman 10 meter dengan nilai RAE 11,88 ini disebabkan karena titik pengukuran berada di dekat benda konduktif (tiang listrik) ( warna kuning dan merah).

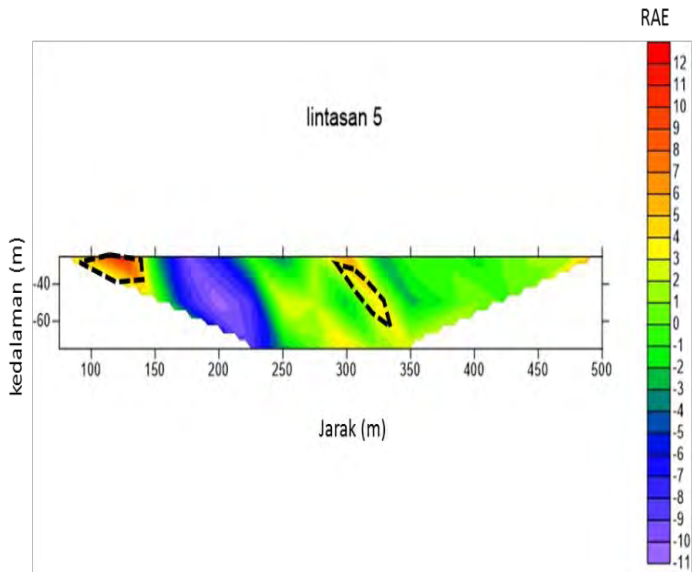
#### 4.2.5 Analisa Lintasan VLF 5



Gambar 4. 9 Hasil Filter K.arous HJelt lintasan VLF 5

Gambar 4.9 menjelaskan hasil pengolahan *filter karous hjelt* menggunakan *software* Khjelt, terlihat bahwa anomali yang bersifat konduktivitas tinggi berada pada jarak 125 meter dengan perkiraan kedalaman 25 meter dan pada jarak 300 meter dengan perkiraan kedalaman 50 meter. Konduktivitas tinggi diidentifikasi sebagai anomali lorong-lorong dan diduga berupa batuan dalam struktur sungai bawah tanah yang mengalirkan air. Skala *Real component* merupakan skala Rapat Arus Ekivalen(RAE).

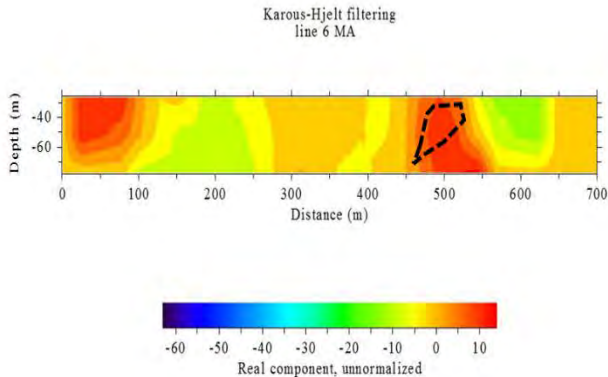




Gambar 4. 10 Penampang RAE surfer lintasan VLF 5

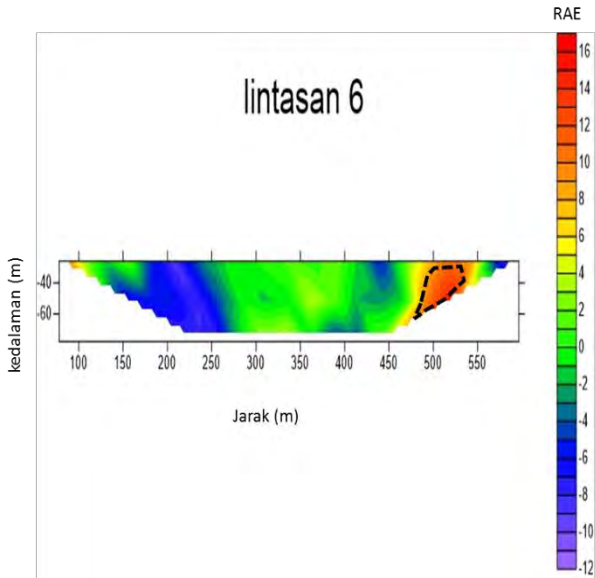
Gambar 4.10 merupakan penampang RAE dari lintasan VLF 5 berupa anomali konduktivitas tinggi RAE berkisar 11,59 pada jarak 125 meter dengan perkiraan kedalaman 25 meter, dan anomali RAE berkisar 6,45 pada jarak 300 meter dengan perkiraan kedalaman 50 meter( warna kuning dan merah).

#### 4.2.6 Analisa Lintasan VLF 6



Gambar 4. 11 Hasil Filter K.arous HJelt lintasan VLF 6

Gambar 4.11 menjelaskan hasil pengolahan *filter karous hjelt* menggunakan *software Khjelt*, terlihat bahwa anomali yang bersifat konduktivitas tinggi berada pada jarak 500-550 meter dengan perkiraan kedalaman 25-75 meter. Konduktivitas tinggi diidentifikasi sebagai anomali lorong-lorong dan diduga berupa batuan dalam struktur sungai bawah tanah yang mengalirkan air. Skala *Real component* merupakan skala Rapat Arus Ekuivalen(RAE).

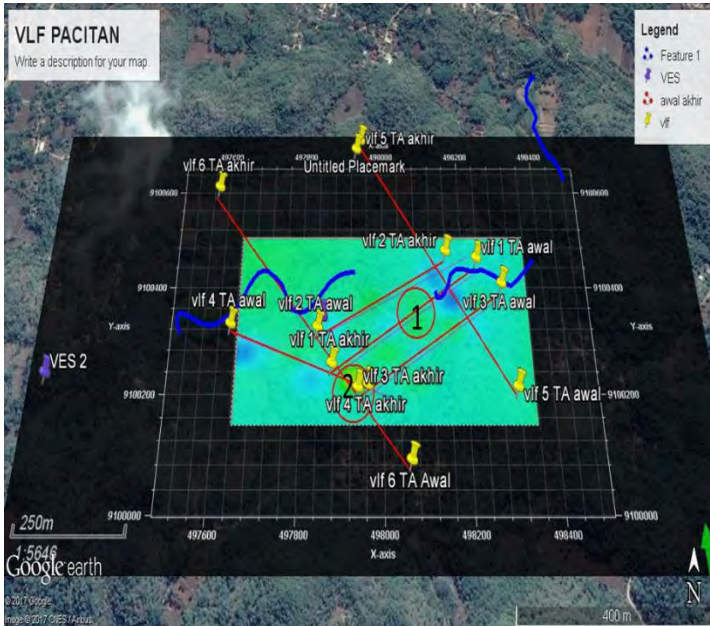


Gambar 4. 12 Penampang RAE surfer lintasan VLF 6

Gambar 4.12 merupakan penampang RAE dari lintasan VLF 6 yang menunjukkan bahwa anomali RAE berkisar 6,07-13,96 pada jarak 500-550 meter dengan perkiraan kedalaman 25-75 meter.

## 4.2 Pembahasan

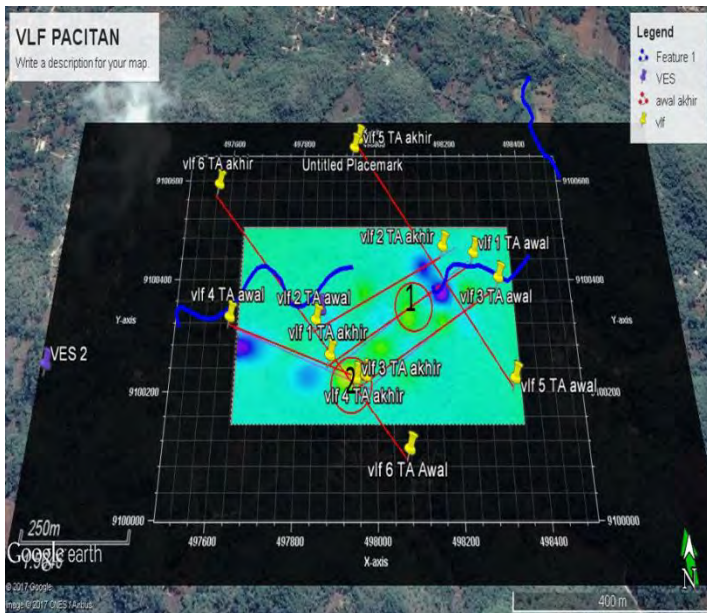
### 4.2.1 Korelasi Kedalaman 4 meter



Gambar 4. 13 Korelasi Kedalaman 4 meter

Gambar 4.13 merupakan hasil dari korelasi RAE lintasan VLF 1, lintasan VLF 2, lintasan VLF 3, lintasan VLF 4 untuk setiap kedalamannya. Hasil dari korelasi kedalaman 4 meter pada Gambar 4.13 terlihat ada 2 zona lingkaran yang diindikasikan merupakan zona konduktifitas anomali, pada zona 1 konduktifitas dengan luas area  $3,628.77 \text{ m}^2$ , dan zona 2 dengan luas area  $6,525.36 \text{ m}^2$ . Lokasi zona 1 berada dibagian turunan bukit sedangkan untuk zona 2 berada diatas jalan dekat tiang listrik, sehingga anomali konduktivitasnya tinggi .

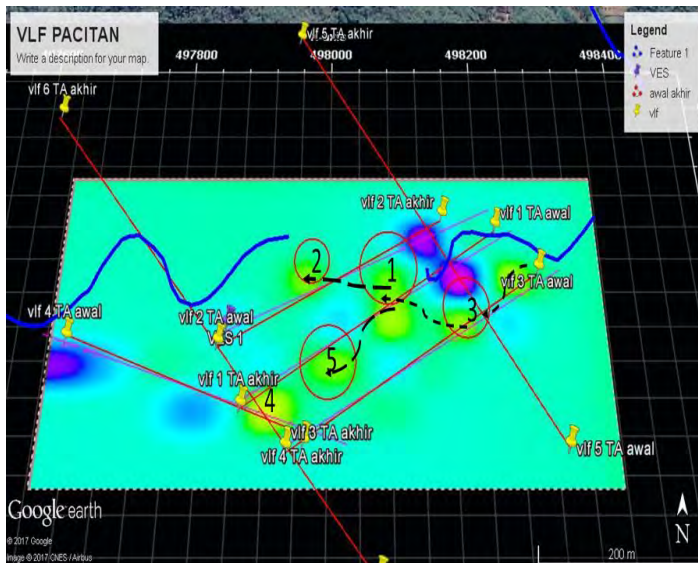
#### 4.2.2 Korelasi Kedalaman 8 meter



Gambar 4. 14 Korelasi Kedalaman 8 meter

Hasil dari korelasi kedalaman 8 meter pada Gambar 4.14 terlihat ada 2 zona lingkaran yang diindikasikan merupakan zona konduktifitas anomali, tidak banyak memiliki perbedaan dari gambar 4.13, pada zona 1 konduktifitas dengan luas area  $3.628,77 \text{ m}^2$ , dan zona 2 dengan luas area  $6.525,36 \text{ m}^2$ . Lokasi zona 1 berada dibagian turunan bukit sedangkan untuk zona 2 berada diatas jalan dekat tiang listrik, sehingga anomali konduktivitasnya tinggi .

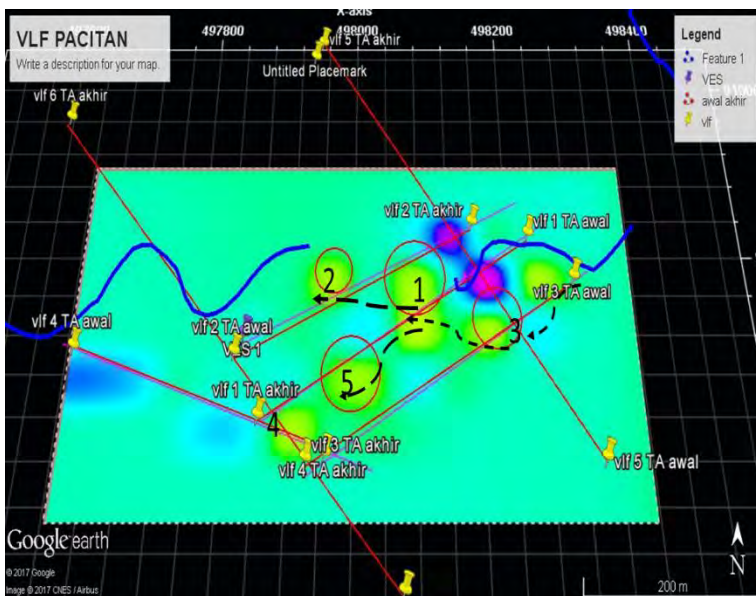
### 4.2.3 Korelasi Kedalaman 12 meter



Gambar 4. 15 Korelasi Kedalaman 12 meter

Hasil dari korelasi kedalaman 12 meter pada Gambar 4.15 terlihat ada 5 zona lingkaran yang diindikasikan merupakan zona konduktifitas anomali, tidak banyak memiliki perbedaan dari gambar 4.14, pada zona 1 konduktifitas dengan luas area  $3.628,77 \text{ m}^2$ , dan zona 2 dengan luas area  $2.323,05 \text{ m}^2$ , zona 3 luas area  $6.119,26 \text{ m}^2$ , zona 4 dengan luas area  $6.525,36 \text{ m}^2$ , dan zona 5 dengan luas area  $5.387,98 \text{ m}^2$ , pengaruh tiang listrik di titik 4 mempengaruhi nilai konduktivitas tinggi namun ini bukan merupakan zona target. Pola aliran sungai bawah tanah dari arah timur-barat.

#### 4.2.4 Korelasi Kedalaman 16 meter

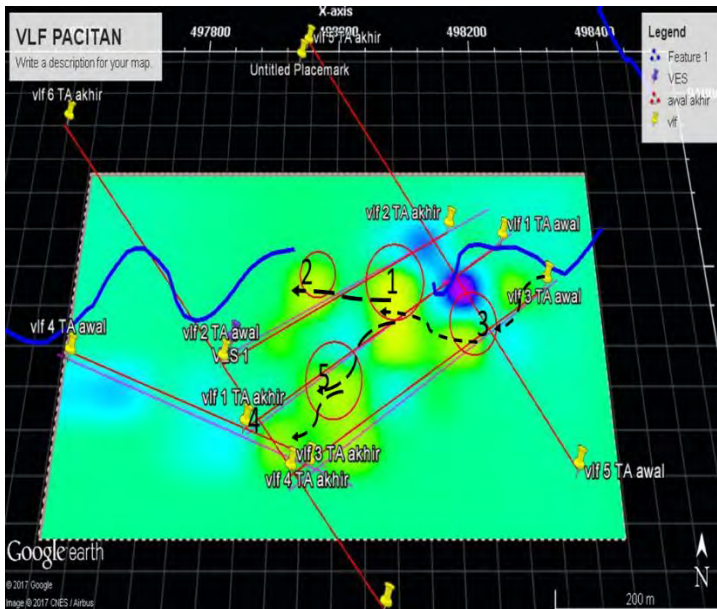


Gambar 4. 16 Korelasi Kedalaman 16 meter

Hasil dari korelasi kedalaman 16 meter pada Gambar 4.16 terlihat tidak terlalu memiliki perbedaan dengan kedalaman 12 meter, ada 5 zona lingkaran yang diindikasikan merupakan zona konduktifitas anomali, tidak banyak memiliki perbedaan dari gambar 4.15, pada zona 1 konduktifitas dengan luas area  $3.628,77 \text{ m}^2$ , dan zona 2 dengan luas area  $2.323,05 \text{ m}^2$ , zona 3 luas area  $6.119,26 \text{ m}^2$ , zona 4 dengan luas area  $6.525,36 \text{ m}^2$ , dan zona 5 dengan luas area  $5.387,98 \text{ m}^2$ , pengaruh tiang listrik di titik 4 mempengaruhi nilai konduktivitas tinggi namun ini bukan merupakan zona target. Pola aliran sungai bawah tanah dari arah timur – barat



#### 4.2.5 Korelasi Kedalaman 20 meter

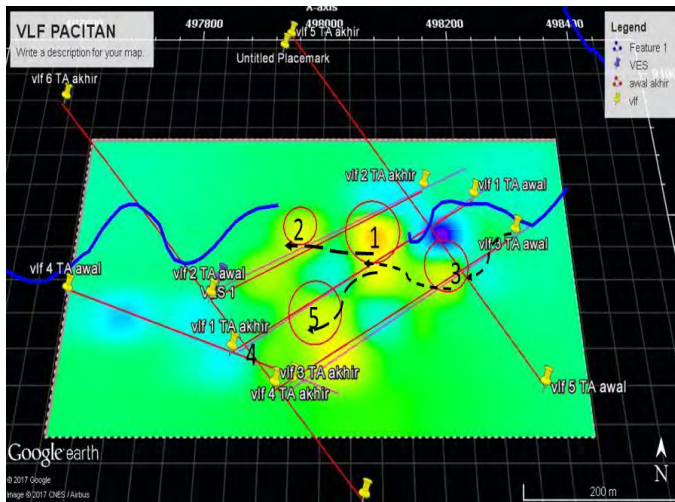


Gambar 4. 17 Korelasi Kedalaman 20 meter

Hasil dari korelasi kedalaman 20 meter pada Gambar 4.17 ada 4 zona lingkaran yang diindikasikan merupakan zona konduktifitas anomali, tidak banyak memiliki perbedaan dari gambar 4.16, pada zona 1 konduktifitas dengan luas area  $7.825,77 \text{ m}^2$ , dan zona 2 dengan luas area  $2.323,05 \text{ m}^2$ , zona 3 luas area  $6.119,26 \text{ m}^2$ , dan zona 5 dengan luas area  $7.734,68 \text{ m}^2$ , nilai konduktivitas yang diakibatkan oleh tiang listrik menghilang didalam kedalaman 20. pola aliran sungai bawah tanah dari arah timur – barat.



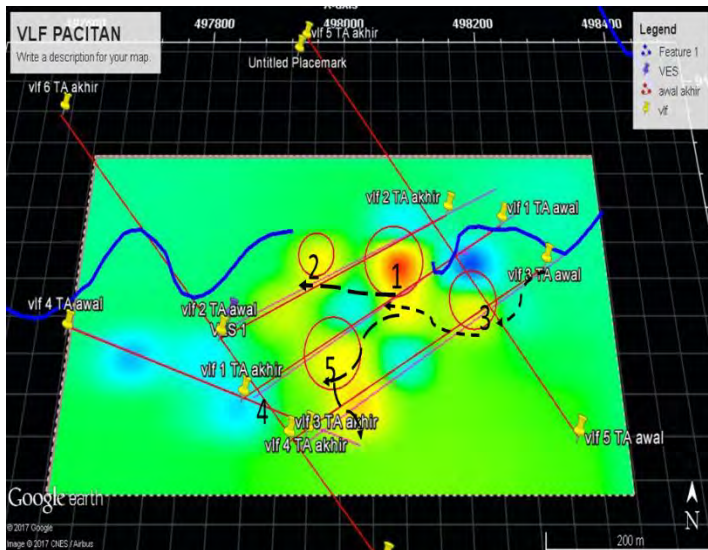
#### 4.2.6 Korelasi Kedalaman 24 meter



Gambar 4. 18 Korelasi Kedalaman 24 meter

Hasil dari korelasi kedalaman 24 meter pada Gambar 4.18 ada 4 zona lingkaran yang diindikasikan merupakan zona konduktifitas anomali, tidak banyak memiliki perbedaan dari gambar 4.17, pada zona 1 konduktifitas dengan luas area  $7.825,77 \text{ m}^2$ , dan zona 2 dengan luas area  $2.323,05 \text{ m}^2$ , zona 3 luas area  $6.119,26 \text{ m}^2$ , dan zona 5 dengan luas area  $7.734,68 \text{ m}^2$  respon dari sifat konduktivitas anomali pada kedalaman 24 meningkat. pola aliran sungai bawah tanah dari arah timur – barat.

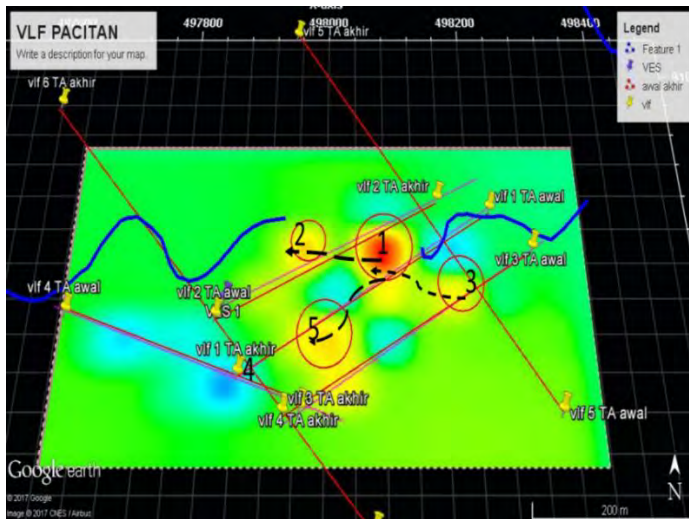
#### 4.2.7 Korelasi Kedalaman 28 meter



Gambar 4. 19 Korelasi Kedalaman 28 meter

Hasil dari korelasi kedalaman 28 meter pada Gambar 4.19 ada 4 zona lingkaran yang diindikasikan merupakan zona konduktifitas anomali, tidak banyak memiliki perbedaan dari gambar 4.18, pada zona 1 konduktifitas dengan luas area  $7.825,77 \text{ m}^2$ , dan zona 2 dengan luas area  $2.323,05 \text{ m}^2$ , zona 3 luas area  $6.119,26 \text{ m}^2$ , dan zona 5 dengan luas area  $7.734,68 \text{ m}^2$  respon dari sifat konduktivitas anomali pada kedalaman 28 meningkat pada zona 1 diindikasikan adanya air dibawah permukaan tanah sehingga memberikan respon sifat konduktivitas yang tinggi. pola aliran sungai bawah tanah dari arah timur – barat.

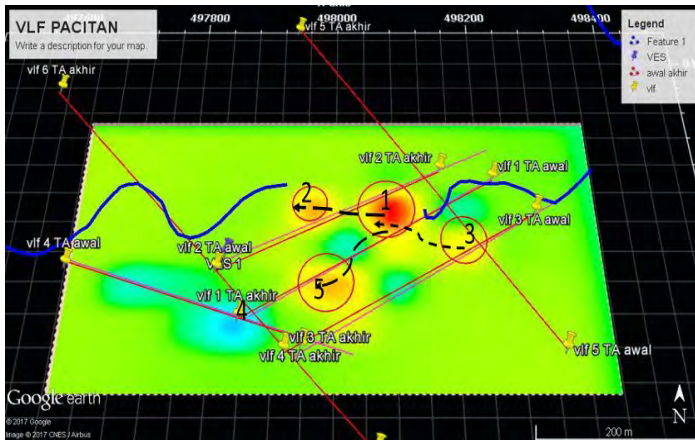
#### 4.2.8 Korelasi Kedalaman 32 meter



Gambar 4. 20 Korelasi Kedalaman 32 meter

Hasil dari korelasi kedalaman 32 meter pada Gambar 4.20 ada 4 zona lingkaran yang diindikasikan merupakan zona konduktifitas anomali, tidak banyak memiliki perbedaan dari gambar 4.19, pada zona 1 konduktifitas dengan luas area  $7.825,77 \text{ m}^2$ , dan zona 2 dengan luas area  $2.323,05 \text{ m}^2$ , zona 3 luas area  $6.119,26 \text{ m}^2$ , dan zona 5 dengan luas area  $7.734,68 \text{ m}^2$  respon dari sifat konduktivitas anomali pada kedalaman 32 meningkat, pada zona 1 diindikasikan adanya air dibawah permukaan tanah sehingga memberikan respon sifat konduktivitas yang tinggi. Pola aliran sungai bawah tanah dari arah timur – barat.

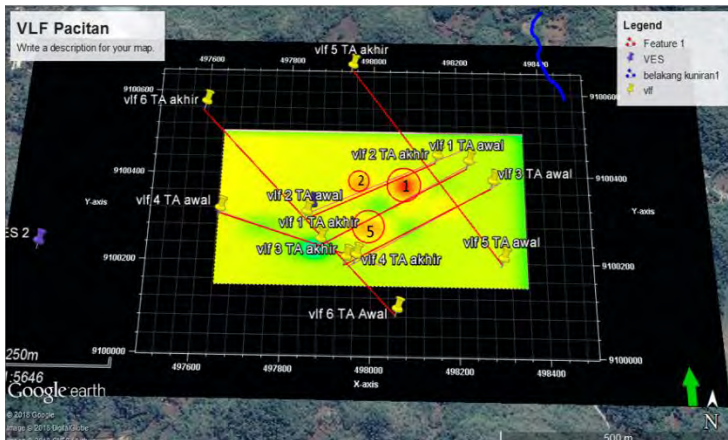
#### 4.2.9 Korelasi Kedalaman 36 meter



Gambar 4. 21 Korelasi Kedalaman 36 meter

Hasil dari korelasi kedalaman 36 meter pada Gambar 4.21 ada 4 zona lingkaran yang diindikasikan merupakan zona konduktifitas anomali, tidak banyak memiliki perbedaan dari gambar 4.19, pada zona 1 konduktifitas dengan luas area  $7.825,77 \text{ m}^2$ , dan zona 2 dengan luas area  $2.323,05 \text{ m}^2$ , zona 3 luas area  $6.119,26 \text{ m}^2$ , dan zona 5 dengan luas area  $7.734,68 \text{ m}^2$  respon dari sifat konduktivitas anomali pada kedalaman 36 meningkat, pada zona 1 diindikasikan adanya air dibawah permukaan tanah sehingga memberikan respon sifat konduktivitas yang tinggi. Pola aliran sungai bawah tanah dari arah timur – barat.

#### 4.2.10 Korelasi Kedalaman 40 meter



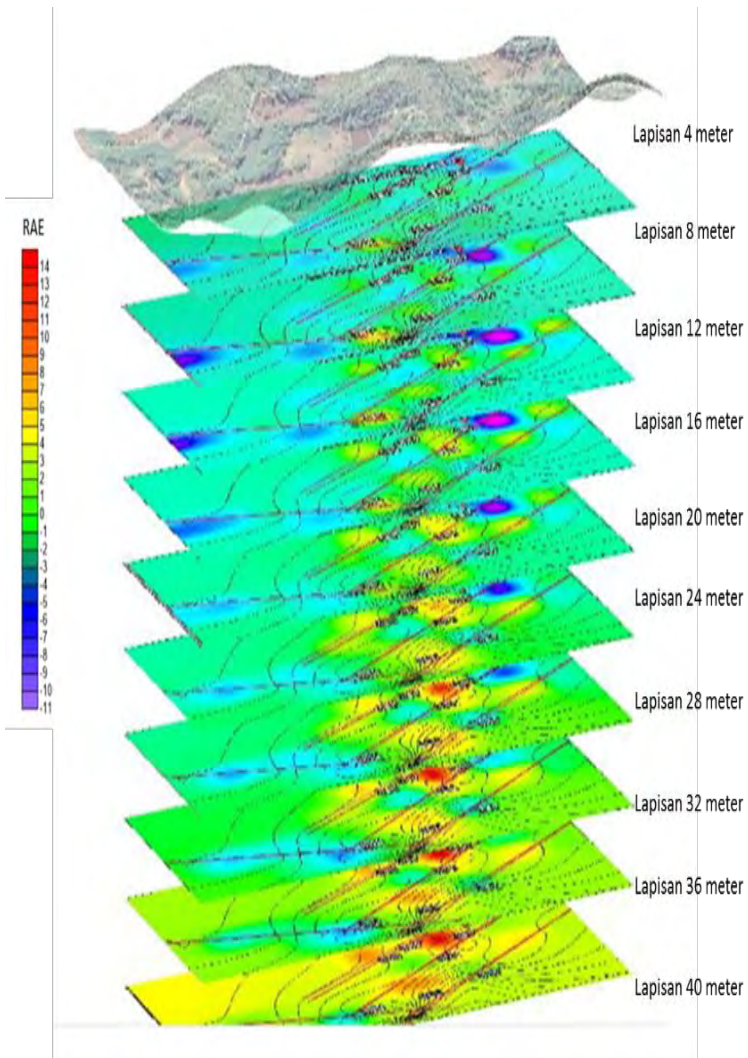
Gambar 4. 22 Korelasi Kedalaman 40 meter

Hasil dari korelasi kedalaman 40 meter pada Gambar 4.21 ada 4 zona lingkaran yang diindikasikan merupakan zona konduktifitas anomali, tidak banyak memiliki perbedaan dari gambar 4.19, pada zona 1 konduktifitas dengan luas area  $7.825,77 \text{ m}^2$ , dan zona 2 dengan luas area  $2.323,05 \text{ m}^2$ , zona 3 luas area  $6.119,26 \text{ m}^2$ , dan zona 5 dengan luas area  $7.734,68 \text{ m}^2$  respon dari sifat konduktivitas anomali pada kedalaman 40 meningkat.pada zona 1 diindikasi adanya air dibawah permukaan tanah sehingga memberikan respon sifat konduktivitas yang tinggi, pola aliran sungai bawah tanah dari arah timur – barat.

#### 4.2.10 Korelasi antar segmen

Nilai anomali konduktivitas tinggi setiap lintasan berkisar 4,07-13,96 yang tersebar pada kedalaman 10-50 meter. Nilai konduktivitas akan meningkat hingga kedalaman 40 meter (gambar 4.22), namun akan berkurang dan menghilang untuk kedalaman 40 meter kebawah. Sifat konduktivitas pada lingkaran 1 korelasi 40 meter meningkat (gambar 4.22), pada lingkaran 1 tersebut diduga sebagai kedalaman maksimum sungai bawah tanah. Teori ini sesuai dengan perhitungan *skin depth* yang telah dilakukan. Perhitungan *skin depth* ini dilakukan dengan menggunakan data resistivitas yang diperoleh ketika pengukuran resist di titik VES 1, titik VES 2, dan lintasan resist. *Skin depth* pada titik VES 1 bernilai 38,47 meter dan pada titik VES 2 bernilai 53,97 meter.

Berdasarkan hasil *overlay* peta *modeling* korelasi setiap kedalaman pada *google earth* maka dapat diprediksi besarnya luasan rongga sungai bawah tanah. pada zona 1 konduktivitas dengan luas area  $7.825,77 \text{ m}^2$  kedalaman 40 meter, dan zona 2 dengan luas area  $2.323,05 \text{ m}^2$  kedalaman 40 meter, zona 3 luas area  $6.119,26 \text{ m}^2$ , zona 4 dengan luas area  $6.525,36 \text{ m}^2$  terlihat hingga kedalaman 20 meter, dan zona 5 dengan luas area  $7.734,68 \text{ m}^2$  kedalaman 40 meter. Arah sungai bawah tanah dari timur ke barat dengan memperhatikan arah sungai yang terlihat diatas permukaan.

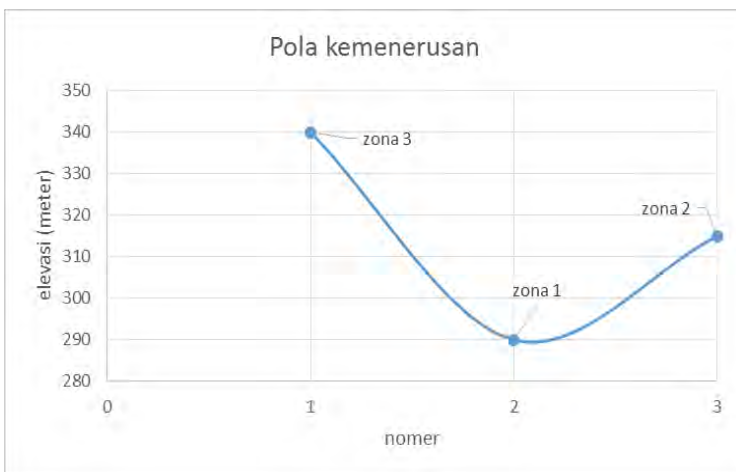


Gambar 4. 23 Korelasi antar segmen

Gambar 2.3 merupakan hasil dari korelasi semua lapisan berdasarkan nilai rapat arus ekivalen, nilai rapat arus ekivalen sebanding dengan



konduktivitas dan berbanding terbalik dengan resistivitasnya. Jika nilai rapat arus ekivalennya (RAE) tinggi bernilai positif maka konduktivitasnya tinggi dianggap sebagai anomali rongga berisikan air penuh. Dan jika rapat arus ekivalennya (RAE) rendah bernilai negatif, maka resistivitasnya tinggi dianggap sebagai anomali rongga kosong, zona 1 mulai terlihat nilai anomali rapat arus ekivalen tinggi pada lapisan kedalaman 20 meter, dan terus menguat hingga kedalaman 40 meter. Zona 2 nilai rapat arus ekivalen tinggi terlihat pada lapisan kedalaman 16 meter hingga lapisan kedalaman 32 meter. Zona 3 terlihat pada lapisan kedalaman 12 meter hingga kedalaman 40 meter. Zona 4 bernilai anomali rapat arus lapisan kedalaman 8 meter hingga 16 meter, kemungkinan ini merupakan rongga berisikan air atau pengaruh dari lokasi penelitian yang berada dipinggir jalan sehingga dipengaruhi oleh tiang jalan sekitar.



Gambar 4. 24 Grafik arah kemenerusan sungai bawah tanah

Gambar 4. 24 merupakan grafik interpretasi arah kemenurunan sungai bawah tanah, dugaan pola kemerusan sungai bawah tanah pada zona 1, zona 2, dan zona 3 adalah timur-barat. Interpretasi ini memperhatikan nilai rapat arus tinggi yang diduga sebagai rongga



berisi air penuh, pola aliran sungai cenderung mengalir pada zona terendah. Zona terendah diindikasikan dengan nilai rapat arus tertinggi (berwarna merah), pola aliran sungai bawah tanah juga memperhatikan elevasi diatas permukaan, terlihat dari gambar 4.23 zona anomali rapat arus tertinggi berada pada zona 1, dari gambar 4.24 zona 1 merupakan zona terendah dan merupakan pusat akumulasinya rongga berisi air penuh. Arah kemenerusan sungai bawah tanah berawal dari zona 3 – zona 1 – zona , karena letak zona 3 terletak diatas zona 1 dan zona 2.

Adapun keterangan kedalaman zona anomali, sebagai berikut:

Tabel 4. 1 Anomali rongga berisi air

no	kedalaman	elevasi	elevasi - kedalaman	keterangan
1	20-40	380	340	zona 3
2	20-60	350	290	zona 1
3	20-30	345	315	zona 2
4	20-40	328	288	zona 4

Tabel 4.1 dapat dilakukan interpretasi keberadaan sungai bawah tanah berdasarkan letak anomali – elevasi ketinggian. Perkiraan sungai bawah zona 1 pada elevasi 290, zona 2 pada 315, zona 3 pada 340, dan zona 4 elevasi 288.

## **BAB V**

### **SARAN DAN KESIMPULAN**

#### **Kesimpulan**

Kesimpulan dari penelitian ini adalah:

1. Target anomali dengan nilai rapat arus ekivalen tinggi sebagai sungai bawah tanah berisi air penuh .
2. Nilai anomaly rapat arus tinggi setiap lintasan berkisar 4.07-13.96 yang tersebar pada kedalam 10-50 meter.
3. Pola aliran sungai bawah tanah dari arah timur – barat.

#### **Saran**

Peneliti menyarankan perlu dilakukan korelasi dengan metode lain untuk membantu dalam mengidentifikasi kemenurunan sistem sungai bawah tanah.

## Timeline

No	Kegiatan	Rincian Kegiatan	Bobot (%)	Durasi (Mn)	Agustus			September			Oktober			November			Desember		Evaluasi	
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		15
1	Studi Awal	Studi Literatur (BAB I, II, III)	3	2	150	150														
		Studi Geologi Regional (BAB I, II, II)	3	2	150	150														
		Pengumpulan data (BAB I, II, III)	2	2			100	100												
2	Pra Akuisisi	Survey Lapangan	4	1					400											
		Desain Akuisisi VLF	4	1						400										
3	Akuisisi Data	Akuisisi Data VLF	17	1							1700									
4	Pengolahan Data	QC (Quality Control) Data	10	5							200	200	200	200	200					
		Pengolahan Data	15	5								300	300	300	300	300				
5	Interpretasi Data	Analisa nilai pengolahan	12	6							200	200	200	200	200	200				
		Analisa nilai hasil inversi	12	6								200	200	200	200	200	200			
		Dibuat peta kontur	12	6								200	200	200	200	200	200			
6	Penyusunan Laporan Tugas Akhir	BAB IV	3	6										0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	
		BAB V	3	2															150	150
7	Penyerahan Laporan Tugas Akhir																			

## DAFTAR PUSTAKA

- Bahri, A.S., B. Jaya, & W. Sugeng. 2009. *Pemetaan Sungai Bawah Permukaan di Wilayah Karst Seropan Gunungkidul Menggunakan Metoda Geofisika VLF-EM-vGRAD*. Disertasi. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Bemmelen, van, R.W., 1949, *The Geology of Indonesia*, Martinus Nyhoff, The Hague, Nederland.
- Ford, D. and Williams, P. 1992. *Karst Geomorphology and Hydrology*, Chapman and Hall, London
- Guinon, J.L., Ortega, E., Anton, J.G., dan Herranz, V.P, 2007, Moving Average and Savitzki-Golay Smoothing Filters Using Matchcad, *International Conference on Engineering Education*, Coimbra, Portugal.
- Karous, M. and Hjelt, S. E. 1983. Linear filtering of VLF Dip-Angle measurements. *Geophys. Prospect.*, 31: 782-794.
- Loke, M. 2015. Tutorial : 2-D and 3-D Electrical Imaging Surveys. Malaysia : M.H. Loke.
- Samodra, dkk. 1992. Geologi regional jawa timur. *Link : <http://suarageologi.blogspot.co.id/2010/11/geologi-regiaonal-jawa-timur.html>*
- Santos, Fernando A.M. at al. 2006. *Mapping groundwater contamination around a landfill facility using a VLF-EM method-A case study*. Centro de Geofisika da Universiadade lisboa. Lisbon.
- Tofan, Mochamad. 2008. “Pemodelan VLF-EM-VGRAD Aliran Sungai Bawah Permukaan”. Institut Teknologi Bandung. Bandung.

## Lampiran

### Skin Depth titik VES 1

Titik ves 1 berada 497858E, 9100324N UTM, titik ves 1 berdekatan dengan lintasan VLF 2.

No.	Nilai resistivitas ( $\Omega m$ )	Ketebalan (m)	Kedalaman (m)	Litologi
1	13,5	0,88	0,879	Lapisan <i>top soil</i>
2	4,43	1,2	2,08	Lempung
3	8,67	14,9	17	Lempung pasir
4	131	54,5	71,5	Karbonat

Lampiran 1. 1Nilai resistivitas VES 1

(Sumber : wawan, 2017)

Dalam melakukan interpretasi perhitungan skin depth, perlu diperhatikan nilai resistivitas karbonat lingkungan yang diperoleh dari pengukuran resistivitas pada tabel 4.1. Dengan menggunakan persamaan :

$$\delta = 1 / \alpha = \sqrt{\left( \frac{2}{\mu_0 \sigma \omega} \right)} \approx 504 \sqrt{(\rho / f)}$$

$$\delta = 504 \sqrt{\frac{131}{22500}}$$

$$\delta = 38,47 \text{ meter}$$

Penentuan nilai skin depth bertujuan untuk mengetahui nilai maksimum VLF yang dapat terbaca didaerah sekitar titik VES 1.

### Skin depth titik VES 2

No.	Nilai resistivitas ( $\Omega m$ )	Ketebalan (m)	Kedalaman (m)	Litologi
1	98,6	0,838	0,838	Gamping
2	600	2,52	3,35	Karbonat
3	25,6	5,24	8,6	lempung
4	258	12,6	21,2	Karbonat

Lampiran 2. Nilai resistivitas VES 2

(sumber: wawan, 2017)

Dalam melakukan interpretasi perhitungan skin depth, perlu diperhatikan nilai resistivitas karbonat lingkungan yang diperoleh dari pengukuran resistivitas pada tabel 4.2. Dengan menggunakan persamaan :

$$\delta = 1 / \alpha = \sqrt{\left( \frac{2}{\mu_0 \sigma \omega} \right)} \approx 504 \sqrt{(\rho / f)}$$

$$\delta = 504 \sqrt{\frac{258}{22500}}$$

$$\delta = 53.97 \text{ meter}$$

Penentuan nilai skin depth bertujuan untuk mengetahui nilai maksimum VLF yang dapat terbaca didaerah sekitar titik VES 2.

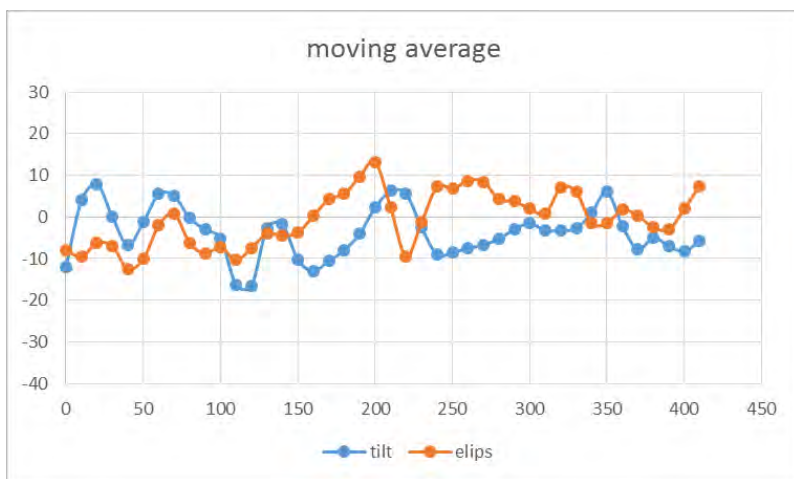
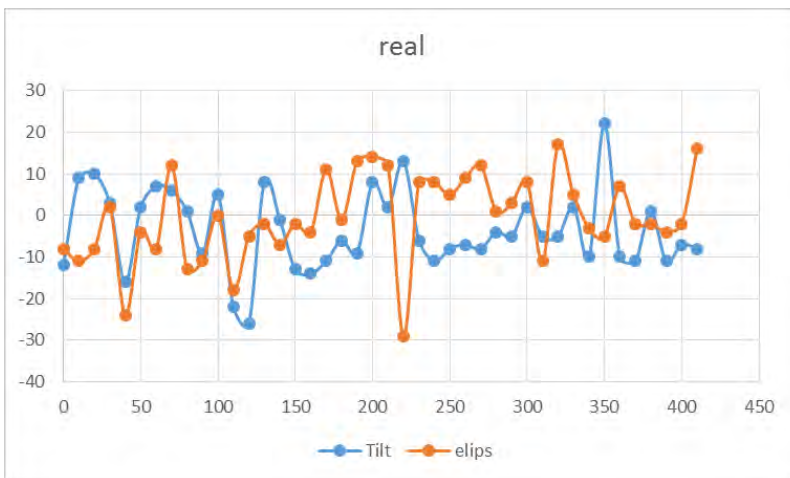


Lampiran 3. Luweng Kuniran I



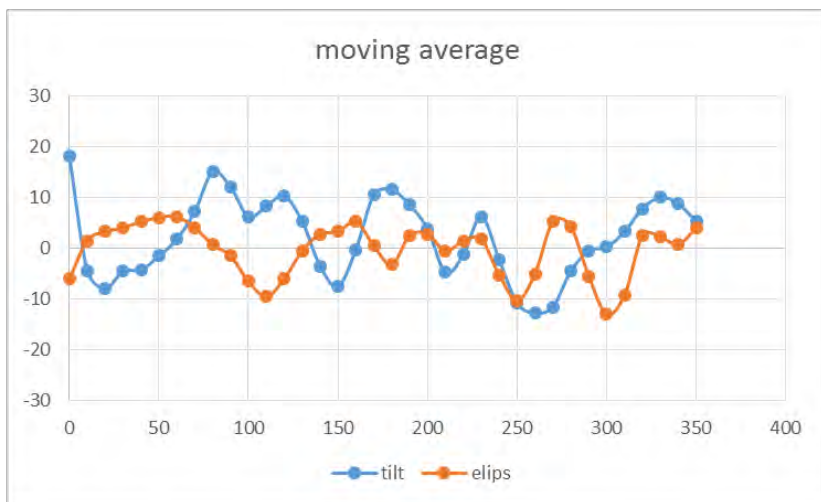
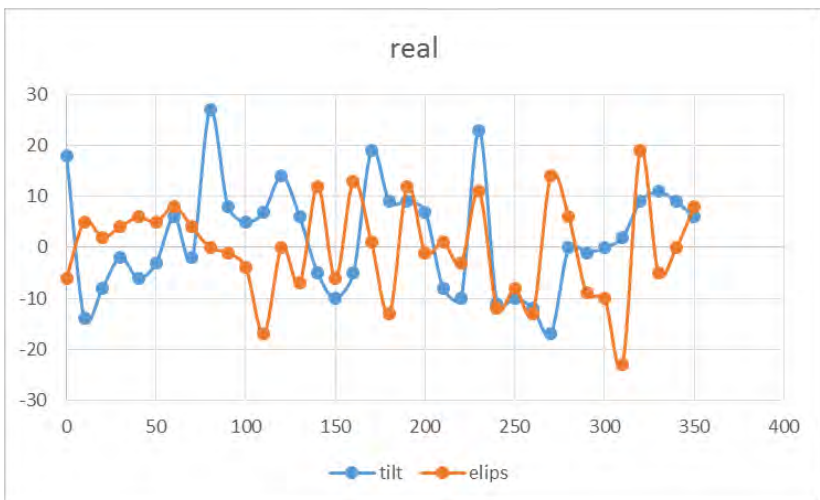
Lampiran 4. Luweng Kuniran II (Sumber: Dokumentasi Survey)



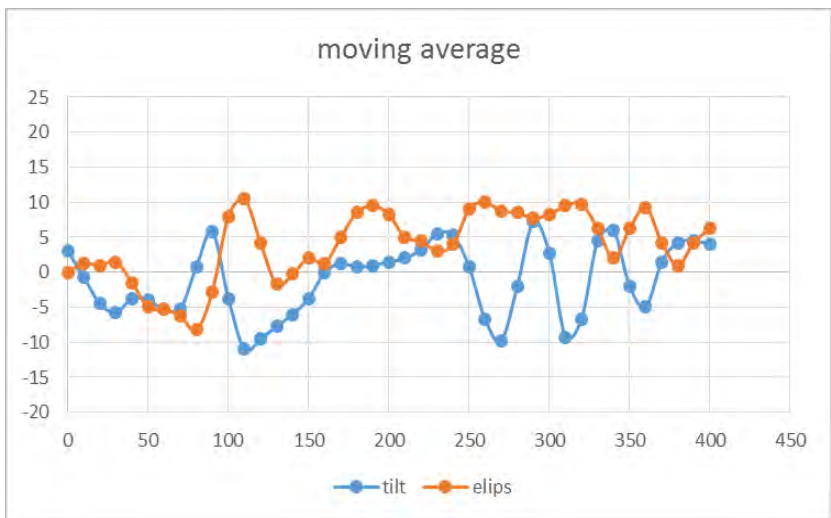
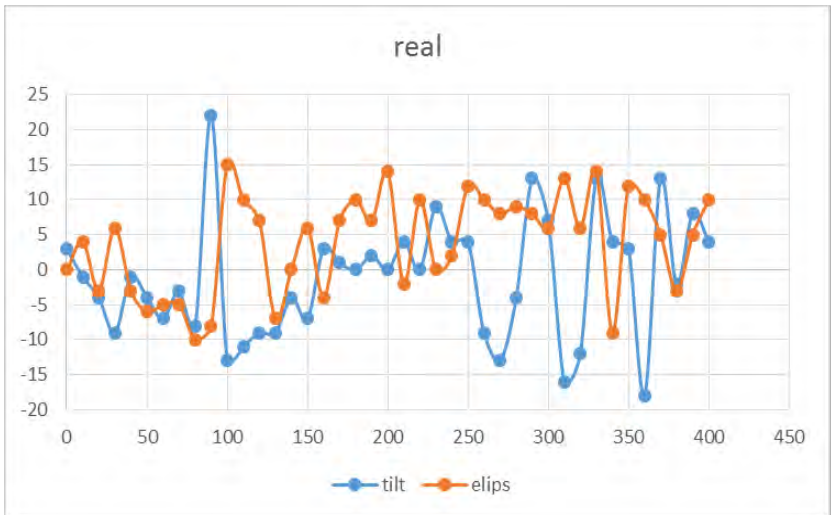


Lampiran 5. Data VLF 1 Real VS Moving Average

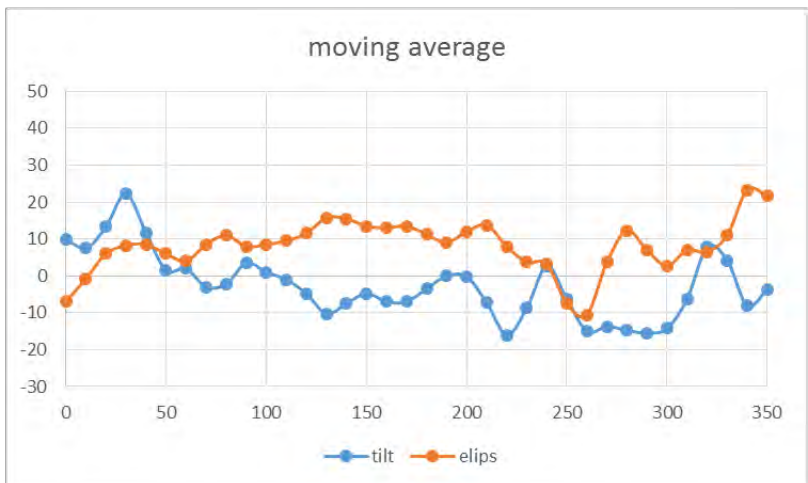
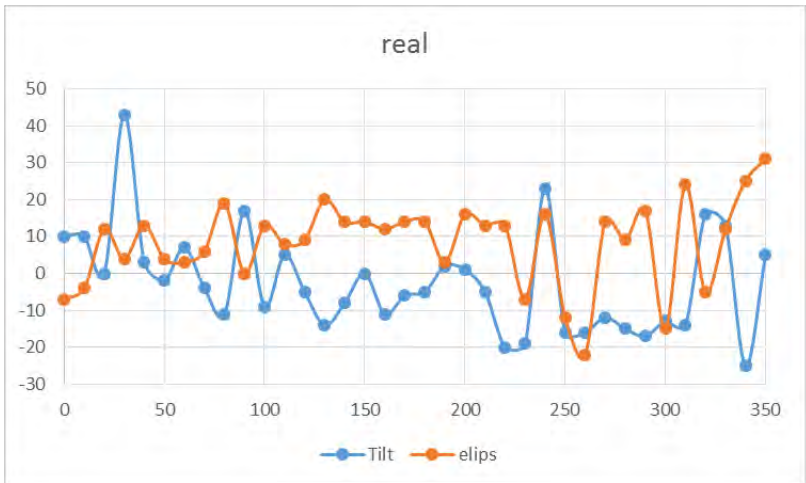
Grafik 1



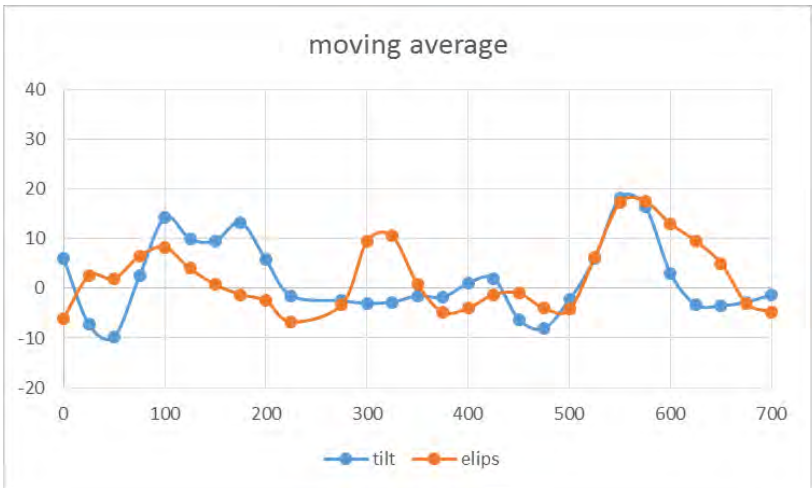
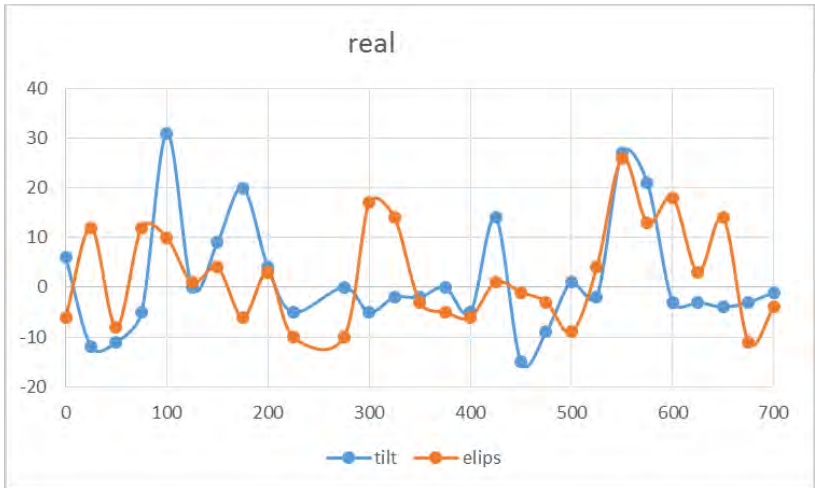
Lampiran 6. Data VLF 2 Real VS Moving Average



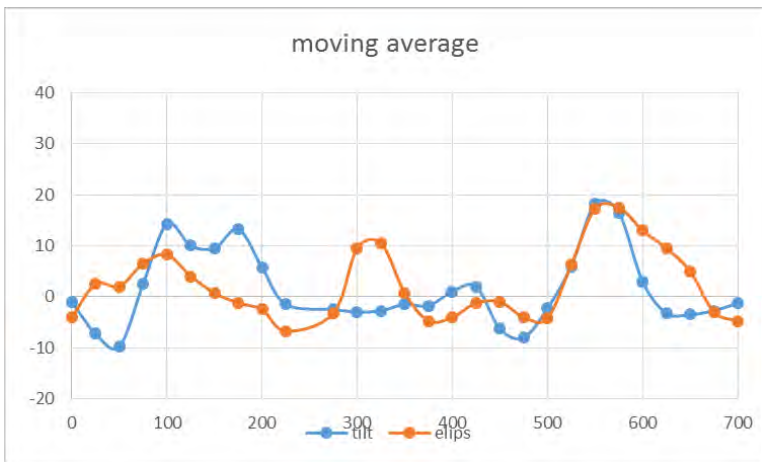
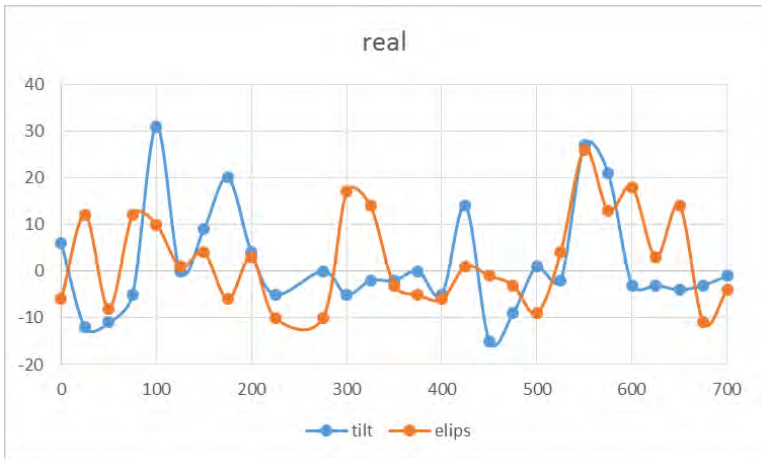
Lampiran 7. Data VLF 3 Real VS Moving Average



Lampiran 8. Data VLF 4 Real VS Moving Average



Lampiran 9. Data VLF 5 Real VS Moving Average



Lampiran 10. Data VLF 6 Real VS Moving Average

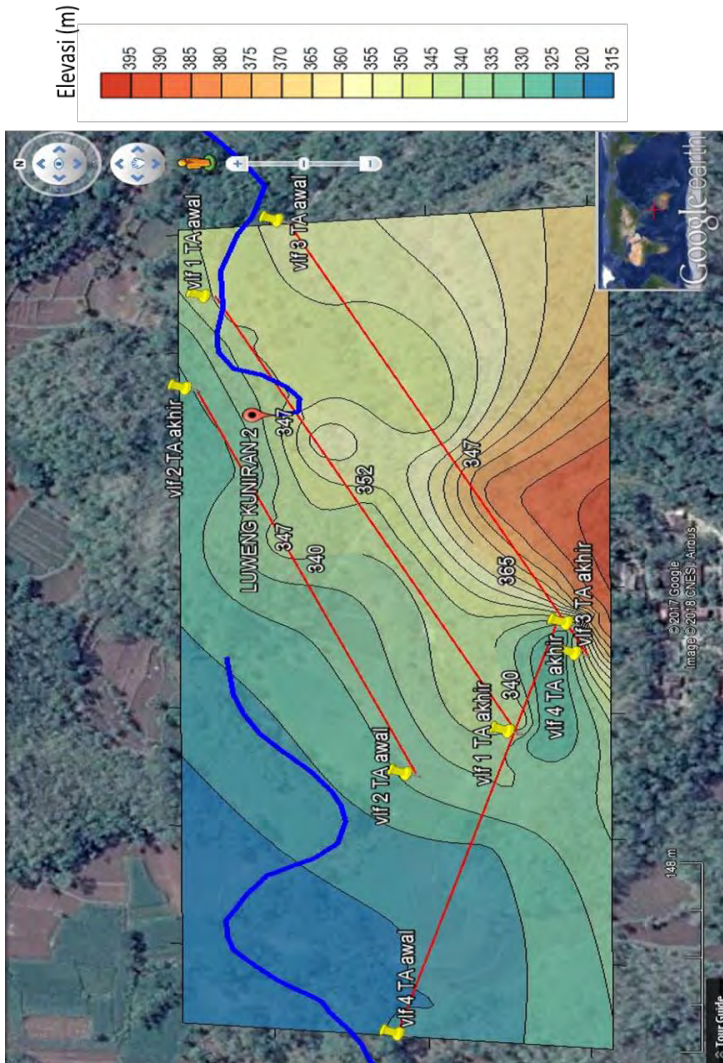
## **Pengolahan filtering KH.jelth**

Setelah diperoleh hasil dari akusisi data, maka dilakukan pengolahan data sebagai berikut :

1. Dilakukan input data vlf ( jarak, tilt, dan elips ) frekuensi Australia 22.300 Hz atau frekuensi jepang 19.500 Hz
2. Dilakukan moving average terlebih dahulu untuk mengurangi noise pada data
3. Dilakukan plotting grafik antara data jarak, tilt dan elips untuk mengetahui anomali.
4. Dilakukan Input data (frekuensi, datum, posisi, tilt, elips) pada software KHfilt
5. Disimpan data yang telah difilter
6. Dilakukan input data yang telah difilter kedalam software surfer untuk mengetahui penampang dari hasil filter setiap lintasan
7. Diperoleh penampang VLF setelah filter dalam satuan Rapat arus ekivalensi
8. Dilakukan interpretasi dengan data pendukung resist.

Dilakukan interpretasi dari keseluruhan lintasan VLF dalam Petrel 2014 untuk mengetahui kemenurunan sungai bawah tanah.

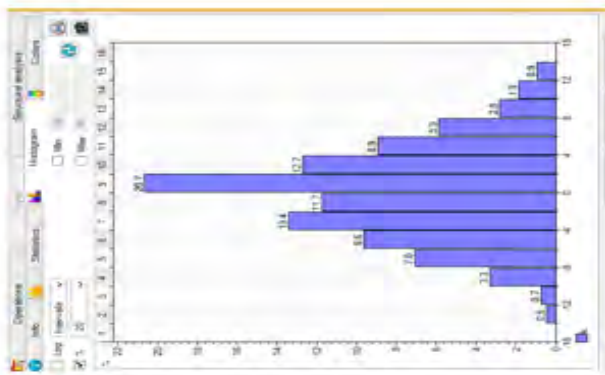
## Peta Topografi



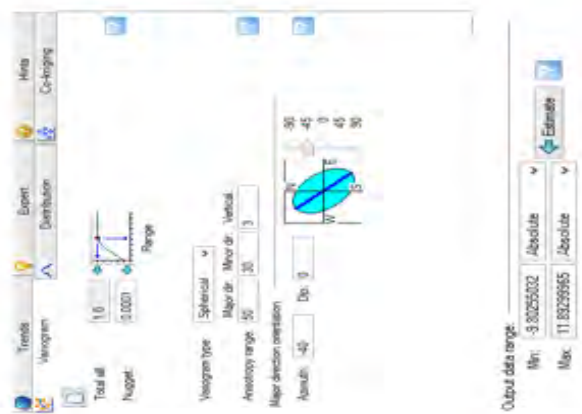
Lampiran 11 *Overlay* Topografi dengan peta lokasi penelitian



stasioner  
↑  
histogram



Semivariogram  
↑  
model



Kriging

## PROFIL PENULIS



Ikmal Amrin, penulis merupakan anak keempat dari tujuh bersaudara, pada tahun 2013 penulis memulai menempuh pendidikan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Departemen Teknik geofisika. Penulis aktif dalam organisasi mahasiswa : Himpunan Mahasiswa Teknik Geofisika sebagai kepala Departemen Kesejahteraan Mahasiswa selama periode 2015/2016, serta penulis juga aktif di tingkat Institut sebagai Seketaris Divisi Media Informasi Klub Keilmiah ITS selama periode 2015/2016. Penulis aktif mengikuti kegiatan penunjang professional dibidang geofisika : Pengembangan Lapangan Minyak dan Gas Bumi, *Oil and Gas Reservoir Modelling*, Petrophysics Training, Guest Lecture “ *Reservoir Characterization For Hydrocarbon Identification*”,Potensi dan Tantangan Eksplorasi Migas di Wilayah Indonesia Timur, *Introduction to Exploration Geophysics and Interpretation Techniques for Seismic Inversion*.

Jika ingin berdiskusi lebih lanjut mengenai Tugas Akhir penulis dapat menghubungi : [ikmal.amrin45@gmail.com](mailto:ikmal.amrin45@gmail.com)